

**Министерство образования и науки РФ
ФГБОУ ВПО
«Уральский государственный педагогический университет»
Факультет безопасности жизнедеятельности**

Микшевич Н.В., Ковальчук Л.А.

ВОДНАЯ СРЕДА И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЧЕЛОВЕКА

(учебное пособие по курсу
«Экология и безопасность жизнедеятельности»)
Часть I

Рекомендовано
Учёным советом ФГБОУ ВПО «Уральский
государственный педагогический университет»
в качестве учебного издания
(решение № 301 от 28.04.2014 г.)

Екатеринбург
2014

УДК 614.8 (075.58)

ББК Ц9я7

М 59

Составители:

Микшевич Н.В., доцент кафедры безопасности жизнедеятельности УрГПУ, канд.хим.наук.

Ковальчук Л.А., ведущий научн.сотр. ИЭРиЖ УрО РАН, д-р.биол.наук.

Рецензенты:

Большаков В.Н., д-р.биол.наук., профессор, академик РАН

Ширшов В.Д., д-р.пед.наук., профессор, академик МАНЭБ

Микшевич Н.В.

М 59 Водная среда и безопасность человека: учеб. пособие по курсу «Экология и безопасность жизнедеятельности» / Микшевич Н.В., Ковальчук Л.А.; ФГБОУ ВПО «Урал. гос. пед. ун-т». – Екатеринбург, 2014. – Ч. 1. – 128 с.

Учебное пособие подготовлено в соответствии с требованиями ГОС ВПО и предназначено для студентов педагогических вузов, обучающихся по профилю «Безопасность жизнедеятельности».

© ФГБОУ ВПО Уральский государственный
педагогический университет

© Микшевич Н.В., Ковальчук Л.А.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. Организация природных систем (элементы экологии)	7
2. Экологический мониторинг	30
3. Экологические последствия загрязнения поверхностных вод	35
4. Требования к качеству воды и его критерии (Предельно-допустимые концентрации)	52
5. Охрана водных объектов от загрязнения	71
6. Водные ресурсы Свердловской области и их особенности	91
7. Качество поверхностных пресных вод Свердловской области	94
Методические рекомендации по курсу «Водная среда и экологическая безопасность человека» для студентов педагогических вузов очной и заочной форм обучения обучающихся по специальности «Безопасность жизнедеятельности»	103
Заключение	109
Литература	110
Приложение 1. Экологические нарушения и преступления	113
Приложение 2. Перечень вопросов для включения в планы уроков и внеурочных занятий	117
Приложение 3. Словарь основных терминов	118

ВВЕДЕНИЕ

Научно-техническая революция, начавшаяся во 2-й половине XIX века, чрезвычайно обострила взаимоотношения человека с природой, и в настоящее время этот процесс продолжает активно развиваться. Основная причина этого заключается в том, что для удовлетворения своих все возрастающих потребностей человечество создало и продолжает развивать системы жизнеобеспечения, основанные в большей степени на неэкологических процессах. В результате этого, наряду с различными видами готовой продукции, образуются значительные количества отходов (как производства так и потребления), поступающих в окружающую природную среду и оказывающих на нее негативное воздействие. Все это происходит на базе прогрессирующего роста народонаселения Земли, в силу чего проблему осложняют огромные масштабы преобразующей природу деятельности человека, вызывающие изменения в природной среде, соизмеримые с теми, что происходили на Земле в течение длительных геологических периодов.

Сложность ситуации заключается еще и том, что, при современных масштабах и характере воздействия человека на природную среду, она зачастую отвечает совершенно неожиданной (для человека) реакцией, что обусловлено исчерпанием возможностей среды к самовосстановлению, наличием большого количества взаимосвязей и т.п.

Указанные выше обстоятельства вызвали бурное развитие **экологии** – биологической науки, рассматривающей сообщества различных организмов и среду их обитания в неразрывном единстве, т.е. в принципе предполагающей системный подход, а, следовательно, и изучение природной среды во всей ее сложности. Специфика современных проблем, с которыми столкнулось человечество в плане взаимодействия с окружающей средой и ее реакцией на это воздействие, вызвала появление различных «ветвей» в экологии, в частности, **прикладной экологии человека**, изучающей влияние различных видов крупномасштабной производственной и хозяйственной деятельности людей на природные системы.

Масштабность изменений, происходящих в окружающей среде в результате деятельности человека, а также их качество, зачастую приводят к тому, что они становятся угрозой существования для значительного контингента людей, а при реализации пессимистичных прогнозов, и для человечества в целом. Эти обстоятельства обязывают, с одной стороны, дать информацию об экологических угрозах, причинах их возникновения и механизмах действия, что позволяет не только принять меры обеспечения безопасности при их возникновении, но и предотвратить их. С другой стороны, эти знания, базирующиеся на экологических представлениях, способствуют экологизации сознания людей, без чего невозможна эффективная работа по сохранению природной среды в том качестве, в котором она постоянно выполняла бы свои функции, как места, средства и способа существования человека, а, следовательно, обеспечивала бы его безопасность.

Следует отметить, что в силу непрерывного развития общества (и как следствие этого – характера взаимоотношений человека с окружающей его средой), меняется и специфика экологических проблем. Это обстоятельство определяет непрерывность экологического образования и воспитания.

Одной из природных сред, в которой зародилась жизнь и без которой невозможно ее существование, является водная среда или (в масштабах самой крупной экологической системы Земли – биосферы) гидросфера. Она определяет благополучие человека, удовлетворяя его физиологические потребности, как биологического вида, так и социального существа, выполняя здесь различные функции (гигиеническую, эстетическую, транспортную, технологическую и т.д.). В этом плане безопасность человечества и перспективы его существования в полной мере определяются состоянием водной среды. Без преувеличения можно сказать, что высококачественная вода, отвечающая санитарно-гигиеническим и эпидемиологическим требованиям, является одним из необходимых условий безопасной жизнедеятельности людей.

За последние годы оценка роли воды в жизни человека изменилась. О ней все чаще стали говорить не только врачи-гигиенисты, но и биологи, инженеры, строители, экономисты, политические деятели. Это происходит в следствие бурного раз-

вития общественного производства и градостроительства, роста материального благосостояния и культурного уровня населения, что, в свою очередь, постоянно увеличивает потребность в воде, заставляют более рационально ее использовать. Это обстоятельство ставит водные ресурсы в один ряд с теми, которые определяют экологическую и экономическую безопасность государств.

1. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРИРОДНЫХ СИСТЕМ (ЭЛЕМЕНТЫ ЭКОЛОГИИ)

Экология - это наука, занимающаяся изучением взаимоотношений организмов с окружающей их средой обитания, причем организмы и среда обитания рассматриваются как некое единство, а именно — экологическая система. Экология — наука биологическая. Она изучает экологические системы и то, как влияют на них различные факторы.

Экологические системы (как и любые другие) состоят из нескольких компонентов. Совокупность живых организмов (**биоценоз**) является **биотическим компонентом** экосистемы или **биотой**, а среда их обитания (**биотоп**) включает **абиотические компоненты** или среды (атмосферный воздух, воду, литосферу). Таким образом, экосистемы представляют собой сообщество разных организмов в неразрывной взаимосвязи с окружающей их средой, в пределах которого происходит процесс преобразования энергии и вещества.

Самой крупной экологической системой Земли принято считать **биосферу** (Биосфера - область распространения жизни на Земле). Биосфера включает нижние слои атмосферы на высоту 10—12 км, поверхность суши, **гидросферу** (под гидросферой понимают водную оболочку Земли, которая включает в себя океаны, моря, реки и пресноводные водоемы, пруды, болота и подземные воды) и литосферу на глубину до 5 км. Масса биосферы незначительна и составляет всего $10^{-3}\%$ от общей массы Земли.

К **водным ресурсам**, которыми располагает человечество, относят, как правило, всю свободную воду биосферы. Это морская, океаническая, озерная и речная воды, а также почвенная и атмосферная влага, подземные и ледниковые запасы воды. И если суммарные запасы воды в биосфере огромны и составляют почти 1 500 млн. км³, то доля той влаги, которую человек теоретически мог бы использовать для удовлетворения своих физиологических, бытовых и производственных нужд, — **пресных вод** (соле содержание менее 1 г/л), — составляет всего 2,53% от этого количества, причем суммарная доля пресной озерной и речной воды будет составлять, соответственно,

0,007% и 0,0002%. Значительное количество пресной воды содержится в ледниках и снежном покрове (1,76% или 24 064,1 тыс. км³), а также в подземных запасах (0,76% или 10 530 тыс. км³). Все остальные запасы воды в биосфере незначительны и находятся в труднодоступной для использования форме (почвенная влага, льды вечномёрзлых грунтов, воды болот, атмосферы и биологически связанная вода). Таким образом, реально человечество для удовлетворения своих нужд может использовать порядка 10-12% воды биосферы.

Обычно под водными ресурсами понимают пригодные к использованию человеком запасы поверхностных и подземных вод какой-либо территории, и в этом плане следует отметить крайне важную особенность этого ресурса, а именно, его неравномерность в распределении по суше. Чаще всего, для значительных территорий это величина среднегодового стока рек. Благодаря способности природных вод к самоочищению и самовозобновлению, их относили к неистощимым ресурсам. Однако за последнее время произошло изменение качественной оценки водных ресурсов, которые, вследствие интенсивного развития общества и роста численности населения Земли (в настоящий момент 7 млрд. человек), подверглись интенсивной эксплуатации и загрязнению. Так в древности человек на бытовые нужды расходовал в сутки 12-18 литров воды, а сейчас в городских условиях эта цифра увеличилась до 200-300 литров. Причем на удовлетворения собственно физиологических нужд человеку требуется всего 2-3 литра воды в сутки.

Основным потребителем пресной воды является сельское хозяйство, где вода идет на мелиорацию, обслуживание животноводческих комплексов. Например, при выращивании 1 т зерновых расходуется 550-1100 т воды, хлопчатника – 900-1800 т (при урожайности 30-50 ц/га), для многолетних трав на сено – 400-1000 т (при урожайности 500-1000 ц/га).

Огромны расходы пресной воды и в промышленности: в теплоэнергетике – до 1 млн. т в год на 1 тыс. кВт, до 1 тыс. т на производство 1 т пластмасс, 4 тыс. т на 1 т цемента, 250 т на 1 т стали, 500 т на 1 т меди, 1 500 т на 1 т целлюлозы, 2 000 т на 1 т синтетического каучука и т.д.

Проблема обострена еще и возвращением потребленного ресурса обратно в загрязненном виде, что приводит к пагубным последствиям, зачастую катастрофическим для водных экосистем. Это обстоятельство создает угрозу для общества не только в плане потери биоресурсов, но часто напрямую угрожает здоровью человека.

Экологические факторы — это факторы среды, оказывающие прямое или косвенное влияние на организмы животных и растений хотя бы на протяжении одной из фаз их индивидуального развития. Экологические факторы могут быть связаны с абиотической средой и, соответственно, относиться к группе **абиотических** (например, освещенность, температура, давление, состав воды и др.). В том случае, когда они связаны с биотой, то есть прямым или косвенным влиянием одних организмов на другие в результате своей жизнедеятельности (например, пищевые связи, конкуренция, паразитизм и др.), их называют **биотическими**. К этим факторам также относят **антропогенный фактор**, то есть воздействие на экосистемы всех видов хозяйственной и производственной деятельности человека.

Масштабы воздействия антропогенного фактора на гидросферу в настоящее время чрезвычайно велики, что определено различными обстоятельствами. Исторически сложилось так (и это было обусловлено экономикой), что основная масса функционирующих в настоящее время производств базируется на незамкнутых технологических процессах, использующих пресные воды. Эти воды после использования сбрасываются в водную среду, поставляя в нее различные виды загрязнений.

Вода, используемая человеком на хозяйственно-бытовые нужды (подчеркнем – пресная вода) также служит источником загрязнения поверхностных пресных вод, в том числе и источником бактериального загрязнения. В обоих случаях речные системы, в которые производится сброс, служат транспортными путями для этих потоков в морскую и океаническую среды со всеми вытекающими для них последствиями. Удовлетворение нужд все возрастающего населения Земли в продуктах питания также обостряет проблему, поскольку 70% используемой человечеством пресной воды идет в сельское хозяйство. И все это усугубляется тем, что население Земли рассредоточено геогра-

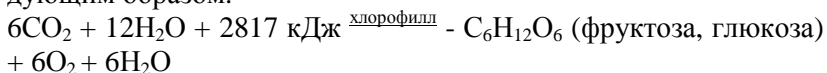
фически так, что основная его масса привязана к наиболее благоприятным для проживания районам, что создает повышенную антропогенную нагрузку на водные системы в этих регионах. Добавим к этому увеличение численности населения Земли и рост городского населения. В последние годы в мире использовали 2000-3000 км³ пресных вод, т. е. примерно 30% устойчивого мирового стока рек. В итоге к настоящему моменту около 80% загрязнения морской и океанической среды происходит с суши, и эта деятельность человека способствовала деградации более половины прибрежных экосистем. Для Европы эта цифра составляет 80%, а для Азии 70%. В развивающихся странах более 90% коммунально-бытовых и промышленных сточных вод выбрасывается в поверхностные воды без какой-либо переработки. В значительной мере это обстоятельство остается причиной смерти 2,2 миллиона человек в год, а 1 миллиард человек до сих пор не имеет постоянного доступа к безопасной питьевой воде. По прогнозам к 2025 году половина населения Земли, то есть более 3,5 миллиардов человек, столкнется с серьезной нехваткой воды. Это особенно актуально для Северной Америки и Западной Азии, где запасы подземной воды потребляются быстрее, чем они могут восстанавливаться.

Россия в этом отношении находится в несколько иных обстоятельствах, располагая значительными запасами поверхностных пресных вод, однако распределены они по территории страны неравномерно. Более 80% речного стока приходится на малонаселенные районы Севера и Востока. На Европейскую часть России, где проживает около 80% населения, приходится всего 20% гидроресурсов, в силу чего антропогенная нагрузка на водные системы Европейской части страны весьма велика. Так в России из ежегодно образующихся порядка 21 км³ сточных вод 16 км³ сливаются в Волгу или ее притоки.

Таким образом, влияние хозяйственной деятельности человека привело к сокращению количества воды в водоемах суши, росту водопотребления, исчерпанию в значительной мере самоочищающейся способности водоемов и деградации природных вод, что создало угрозу безопасному существованию человеческого общества.

В экосистемах, в том числе и водных, существует определенный характер взаимоотношений организмов друг с другом и окружающей средой обитания. Так, благодаря тому, что растения могут осуществлять процесс фотосинтеза на хлорофилле, в результате которого образуются органические вещества и кислород. Они обеспечивают энергией для поддержания процессов жизнедеятельности как самих себя, так и другие организмы, не способные к фотосинтетической активности. Помимо этого растения обогащают абиотические среды кислородом.

Основная реакция фотосинтеза может быть записана следующим образом:



Организмы, образующие биоценоз, в процессе постоянной борьбы за пищу и пространство объединены в экосистеме различными связями, главные из которых — пищевые. Причем различные организмы образуют группы, стоящие в кормовой зависимости друг от друга. Последовательность таких групп формирует пищевую цепочку. Пищевые цепи начинают организмы, способные преобразовывать световую энергию в энергию химических связей органических соединений, используя минеральные вещества абиотических сред. Эти организмы называют **продуцентами** и в большинстве своем они представлены зелеными растениями.

В следующую группу входят организмы, питающиеся уже созданными сложными органическими соединениями (углеводами, белками, жирами), их называют **консументами**. К консументам **первого порядка** относятся организмы, существующие непосредственно за счет продуцентов (растительноядные животные и паразиты растений). **Консументы второго порядка** питаются консументами первого порядка и к ним обычно относят плотоядных, питающихся растительноядными. Консументы **третьего порядка** — хищники, питающиеся плотоядными. К ним относятся и паразиты животных. В водной среде пищевые взаимоотношения можно проиллюстрировать следующим образом: крошечный моллюск, обгладывающий зеленые растения, служит пищей мелкой рыбе, которая сама служит пищей более

крупной рыбе; ею же питается большая рыба, в свою очередь съеденная громадной рыбой.

Помимо этих групп в экосистемах существуют организмы, осуществляющие разложение мертвого органического вещества, так называемые **биоредуценты**. Пищей для них служат погибшие организмы, отходы жизнедеятельности. Это чрезвычайно разнообразная в видовом и численном отношении группа организмов, осуществляющая минерализацию органического вещества и его возврат в абиотические среды в виде неорганических соединений.

Таким образом, в экосистеме существуют потоки вещества и энергии, объединяющие ее компоненты в единое целое. Особенностью потоков вещества является их циклический характер. Действительно, для синтеза органического вещества растения используют углекислый газ и воду из абиотических сред. Значительная часть органики, синтезированной продуцентами, идет на поддержание собственных процессов жизнедеятельности, а образующиеся при этом минеральные продукты распада вновь поступают в абиотические среды и могут быть использованы для синтеза растительной органики и в качестве питательных веществ. Таким же образом на других ступеньках пищевых цепей продукты распада органических соединений, необходимые для поддержания процессов жизнедеятельности, поступают в абиотические среды и могут утилизироваться повторно на уровне продуцентов. Следовательно, одна из основных функций биоредуцентов состоит в возврате на уровень синтеза минерализованной мертвой органики (рис. 1).

Циклический поток органического вещества в экосистеме называется **биогенным круговоротом**. Если его необходимо охарактеризовать в количественном отношении, то говорят о **биомассе**, то есть массе организмов в экосистеме (или на каком-либо уровне пищевой цепи). Количество биомассы образованной в единицу времени (например, год) называется **продуктивностью**. Имея в виду циркуляцию отдельных химических элементов или их соединений, участвующих в образовании органического вещества, говорят о **биогеохимических циклах**. К основным циклам экосистем крупного масштаба относятся био-

геохимические циклы углерода, воды, азота, фосфора, серы и биогенных (необходимых для живой материи) металлов.

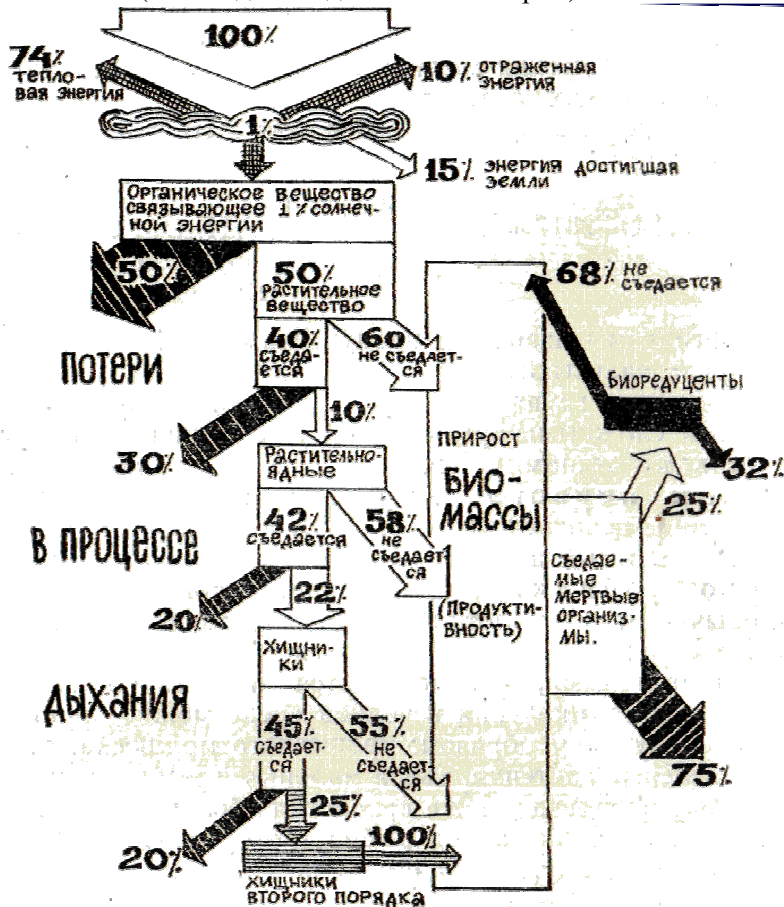


Рис. 1. Поток энергии в экосистеме

Следует отметить, что **скорость движения** вещества в отдельных звеньях циклов зачастую неравномерна, что способствует образованию запасов органического вещества или соединений какого-либо элемента.

Одним из важнейших циклов является круговорот углерода, поскольку лишь углекислота, находящаяся в газообразном

или растворенном в воде состоянии, служит источником углерода, идущего на создание живого органического вещества. На рис. 2 схематически представлен круговорот углерода в масштабах самой крупной экологической системы Земли — биосферы.

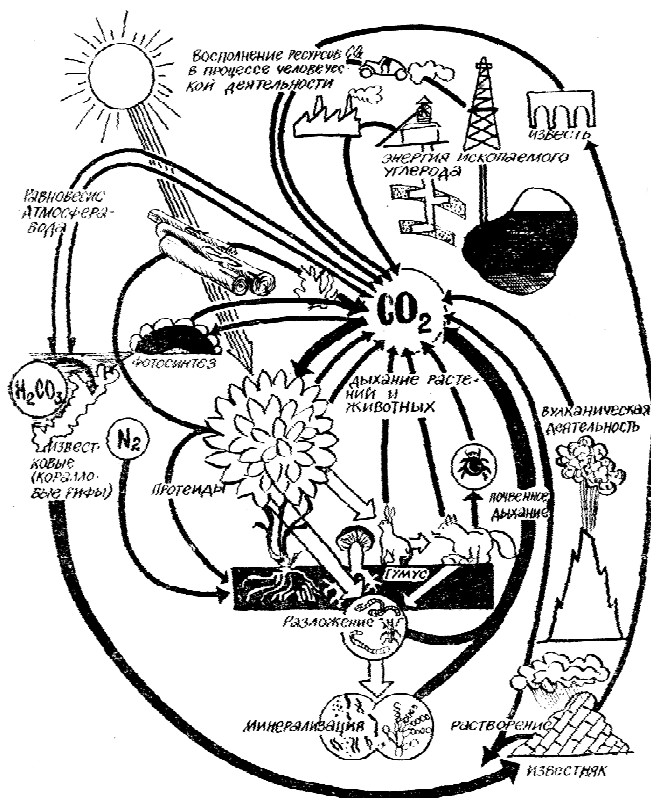


Рис. 2. Круговорот углерода в биосфере

Экологические системы характеризуются способностью к самоподдержанию, которое обусловлено видовым разнообразием, обеспечивающим большое количество связей. Действительно, большое число связей, в том числе и пищевых, способствует упрочению системы и повышению ее устойчивости к воздей-

вию различных факторов среды. Так, один вид растительноядных животных может питаться несколькими видами растений, и одновременно какой-то вид растений может служить кормом для нескольких видов растительноядных. То есть при наличии большого числа трофических связей, образующих сетевую структуру, всегда возможна взаимная компенсация. Следовательно, устойчивость биоценоза симбатна его сложности. В случае резкого увеличения численности популяции какого-либо вида в развитых биоценозах включаются механизмы ее регулирования (вспышки заболеваний, рост численности популяций естественных врагов и др.). Таким образом, **экосистемы** выступают в качестве **саморегулирующихся образований**.

Следует отметить также, что устойчивость экосистем определяется экологическим фактором, количество которого близко к необходимому для системы минимуму и дальнейшее снижение которого приводит к разрушению экосистемы. Этим объясняется малая устойчивость экосистем субарктических районов, характеризующихся низкой продуктивностью и обедненным видовым разнообразием биоценозов, находящихся на пределе по многим экологическим факторам.

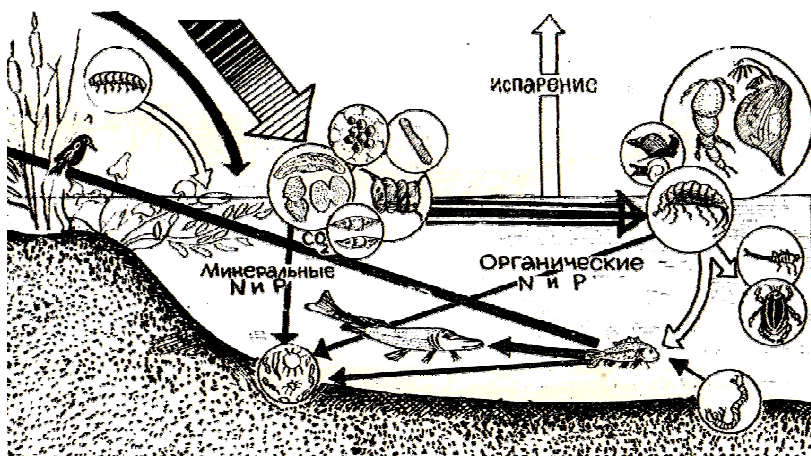


Рис. 3. Взаимосвязи в озерной экосистеме

Практический учет этого обстоятельства важен при хозяйственном освоении северных районов. В качестве примера замкнутой пресноводной системы можно рассматривать озеро (рис. 3), где уровень продуцентов включает два типа растений — планктонные водоросли и высшие растения, служащие пищей растительноядным животным, в первую очередь **зоопланктону** (мелким плавающим ракообразным, например, дафниям, циклопам, бокоплавам), моллюскам и растительноядным рыбам. Эти животные служат кормом для хищников. Зоопланктоном питается и такой мелкий хищник, как жук-плавунец. Одновременно часть плотоядных животных становится кормом для хищников, таких как щука, заканчивающая пищевую цепочку.

Важнейшими элементами биогенного круговорота веществ такой системы являются круговороты углерода и серы, причем именно та их часть, которая связана с жизнедеятельностью редуцентов, что в значительной мере определяет состояние всего водоема. Действительно, скорость разложения мертвого органического вещества зависит от условий. Так, в **аэробных** условиях (в присутствии кислорода) она в 3-10 раз выше, чем в **анаэробных** (в отсутствии кислорода), и в обоих случаях подвержена влиянию температуры. На рис. 4 приведена схема круговорота углерода в озерной системе.

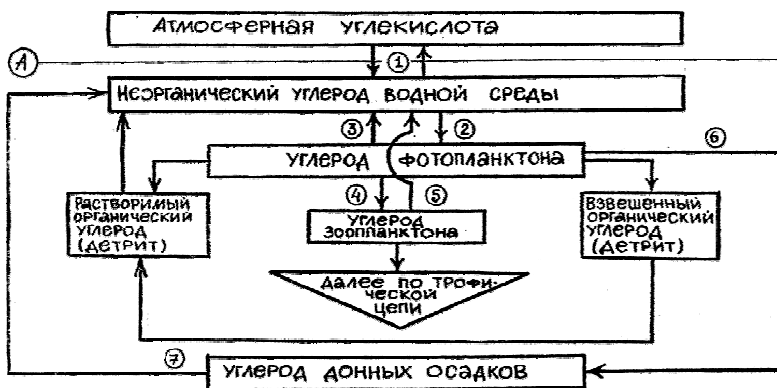
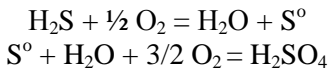


Рис. 4. Схема круговорота углерода в озерной системе
(А — граница раздела « вода-воздух »)

В озерной воде сера присутствует преимущественно в форме сульфатов. В этом виде она усваивается различными гидробионтами. Разложение органического вещества приводит к освобождению серы в виде сероводорода, который в аэробных условиях легко окисляется до сульфатов. В анаэробной среде десульферирующие бактерии окисляют органику, утилизируя кислород сульфатов



а серобактерии могут вновь окислять сероводород до сульфатов.



Донные отложения играют важную роль в функционировании пресноводных экосистем, поскольку служат своеобразным аккумулятором различных веществ, как органического, так и неорганического происхождения, осаждающихся из толщи воды. Первые состоят преимущественно из клеток фитопланктона, остатков **макрофита** или **детрита** (органический ил и остатки организмов в водной среде), вторые - из продуктов выветривания: гидроксида железа, двуокиси кремния, карбоната кальция и др. К неорганическим составляющим относятся малорастворимые соединения тяжелых металлов. Концентрирование в донных отложениях многих растворенных в воде соединений (в том числе и токсичных) происходит также в результате процессов адсорбции. Все это обуславливает высокую, значительно больше, чем в толще воды, концентрацию почти всех токсичных веществ в донных осадках.

В подобной экосистеме возможен обмен веществом с примыкающими экосистемами. Например, такие сухопутные растительноядные, как гусеницы, могут упасть на зеркало воды и стать жертвой водных хищников, а многие сухопутные хищники, в частности хищные птицы, питаются пресноводной рыбой. Отмирающие растения и плотоядные поедаются организ-

мами-сапрофитами (организмами, которые питаются разлагающимися остатками животных и растений). Так, личинки комара-дергунца разлагают мертвую органику прибрежных растений (водных и наземных). Если они идут на корм хищной рыбе, часть мертвой органики снова включается в биотический круговорот вещества в водной среде. Завершают разложение органики бактерии. Минерализуя ее, они восстанавливают запас биогенных веществ, необходимых растениям. Продуктивность таких систем достаточно высока. В хорошо аэрируемых богатых по питательным элементам водоемах она может составлять: по планктону (первичная продуктивность) — около 6 тыс. кг органического вещества в год на 1 га; по рыбе (вторичная продуктивность) — 150 кг в год на 1 га при запасе биомассы 300 кг/га. В непроточных водоемах и в текучих водах продуктивность достигает 100 кг/га в год при запасе биомассы 200 кг/га.

Необходимо отметить также, что существующие между **гидробионтами** (организмами, обитающими в водной среде) сложные связи выработались в ходе исторически длительной эволюции, и перестройка их возможна лишь в ограниченных масштабах. В силу того, что поверхностные водоемы выступают как открытые экосистемы, они подвержены влиянию многих факторов. Так наиболее сильное и систематическое влияние оказывает сезонность климата в наших широтах, поэтому жизненные процессы гидробионтов соответствуют сезону года.

Структура водного биоценоза формируется из организмов с различной чувствительностью к воздействующим факторам среды. Благодаря этому в водной экосистеме постоянно меняется соотношение численностей популяций гидробионтов. Тех из них, которые достигают наибольшей численности, обозначают как доминирующие. Обычно это не более 20—30% от существующих видов, но в функциональном отношении они выполняют от 70 до 90% всей работы уровня. С изменением условий в водоеме происходит смена доминирующих видов за счет увеличения численности редких или даже случайных. Таким образом, сообщество водных организмов постоянно меняется в сторону наибольшего соответствия условиям среды. По достижении такого состояния система пребывает в динамическом равновесии

(стационарном состоянии), которое по продолжительности значительно короче несбалансированного состояния.

На первый взгляд водная среда должна характеризоваться гомогенностью. Однако в зависимости от глубины расположения выделяется несколько типов вод. **Поверхностные** – те, куда хорошо проникает солнечный свет, где активно протекают процессы газообмена с атмосферным воздухом, высока биологическая активность. Поверхностная пленка этого слоя толщиной до 1 мм, граничащая с атмосферой, ответственна за все процессы массообмена между водой и воздухом и концентрирование загрязнений (последнее обстоятельство необходимо учитывать как при отборе проб воды, так и при исследовании ее состава на месте). **Глубинные** — те, куда незначительно проникает свет и тепло. Их свойства в основном определяются условиями перемещения водных масс. **Придонные** — воды, непосредственно контактирующие с донными отложениями. Эти слои воды по составу (особенно примесей) могут существенно отличаться от более высоких в случае затруднений при вертикальном перемещении. При этом процессы переноса «раствор-осадок» приобретают особое значение.

Если сверху водная среда в экосистемах ограничена поверхностью раздела фаз «атмосферный воздух-вода», то придонные слои воды контактируют с донными отложениями или осадком, также являющимися зоной повышенной биологической активности, средой обитания различных организмов. В итоге донные отложения служат местом накопления взвешенных частиц и малорастворимых соединений, а соответственно, и загрязнителей водной среды. Активная жизнедеятельность донного населения (**бентоса**) водных экосистем часто способствует преобразованию загрязнителей, а именно, концентрации загрязнений в различных организмах, переводу из менее токсичной формы в более токсичную и др. Эти обстоятельства позволяют оценивать влияние загрязнителей в этой среде гораздо эффективнее, чем в вышележащих слоях воды.

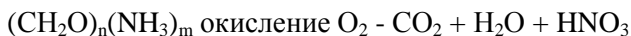
Одной из важнейших особенностей водных экосистем является то, что жизненные процессы в них протекают на фоне малых содержаний кислорода. Последний, как и другие атмосферные газы, присутствует в водной среде в растворенном со-

стоянии. Газообмен через поверхность раздела «вода-воздух», диффузия и перемешивание способствуют его проникновению в весь объем воды. Поверхностный слой воды насыщается газом в соответствии с законом Генри, то есть пропорционально парциальному давлению кислорода в воздухе. Важно также, что растворимость газа зависит от температуры, причем чаще всего с ростом температуры она падает. Поэтому холодноводные незагрязненные системы характеризуются высоким содержанием кислорода. В летний период при повышении температуры воды снижение растворимости кислорода компенсируется повышением фотосинтетической активности. Обычно содержание кислорода в водной среде находится в пределах 6-12 мг/л. Так, растворимость кислорода атмосферного воздуха в пресной воде в зависимости от температуры составляет (мг/л): при 0°C – 10.3; 5°C – 9.01; 10°C – 7.95; 15°C – 7.09; 20°C – 6.38; 25°C – 5.78; 30°C – 5.27; 35°C – 4.83.

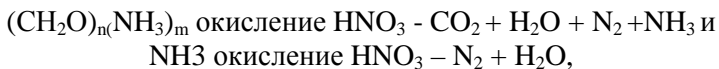
На растворимость кислорода влияет также солесодержание воды (увеличение солесодержания снижает его растворимость).

Важным является и то, что если в поверхностном слое содержание кислорода определяется газообменом на границе раздела «атмосферный воздух–вода», то в толще воды оно будет зависеть от поступлений в результате перемешивания и расхода на различные процессы, в том числе и биологические. Это обуславливает неравномерность распределения кислорода в водной среде и замедленное восстановление его содержания при истощении. В случае превалирования процессов потребления кислорода над его восполнением возникает состояние истощения, оказывающее существенное влияние на водные организмы. При концентрации растворенного кислорода менее 2 мг/л некоторые виды бактерий получают необходимый им кислород путем восстановления сульфат-иона, и система становится практически бескислородной.

Нормальная реакция окисления органики

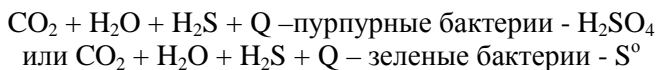


в бескислородных условиях осуществляется за счет нитратов

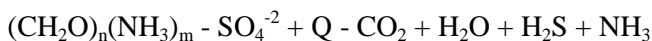


что обедняет водную среду питательными веществами, а именно, нитратами.

После израсходования кислорода и нитратов в кислородный цикл фотосинтеза включается сера:



Суммарная реакция имеет вид:

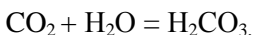


Появление новых соединений в водной среде приводит к снижению ее окислительно-восстановительного потенциала. Для водных экосистем содержание растворенного кислорода зачастую служит лимитирующим фактором. В этой связи следует отметить, что например, в летний период высокая температура воды с одновременным маловодьем могут осложнить существование водных животных в результате снижения содержания в воде растворенного кислорода. Низкое содержание кислорода опасно еще и потому, что для удовлетворения потребностей в тех или иных соединениях (в том числе и в кислороде) водным животным (в частности рыбам) необходима интенсивная циркуляция воды, обеспечивающая контакт с жабрами огромному ее количеству. Но это же обстоятельство увеличивает и риск поглощения организмом токсичных соединений.

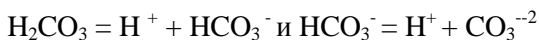
Характерным для водных систем является полное отсутствие значительных колебаний температуры, что обусловлено физическими свойствами воды (высокие теплоемкость, теплота плавления и испарения, наличие максимума плотности при 4°C). Поскольку водная среда характеризуется сравнительно малой сезонной изменчивостью температуры, как правило, этот фактор является ограничивающим. Большая часть водных организмов переносит лишь небольшие колебания температуры, следова-

тельно, колебания, выходящие за пределы естественных, могут вызвать катастрофические явления в водных биоценозах.

Важным для водных экосистем является и содержание углекислоты, так как диоксид углерода активно участвует в процессе фотосинтеза и поддержании pH среды, принимает непосредственное участие в круговороте органического вещества во всех звеньях его цепи. В отличие от кислорода растворение атмосферного углекислого газа не подчиняется закону Генри и протекает с последующей химической реакцией образования угольной кислоты



которая диссоциирует в две ступени:



Распределение форм углекислоты в воде зависит от pH. В природных системах с pH 7-8,5 в воде преобладающим является бикарбонат-ион HCO_3^- (более 80%), легко усваиваемый различными водными организмами.

Углекислотное равновесие зависит от температуры и ионной силы раствора (так, равновесное содержание CO_2 при 25°C составляет 0.5 мг/л, а при 0° С – 1,1 мг/л). Следовательно, значительное изменение pH, температуры и солесодержания водной среды влияет на доступность углерода для различных организмов и отражается на состоянии водной экосистемы в целом.

Еще одной особенностью водной среды является то, что она содержит значительные количества различных элементов и их соединений, находящихся в растворенном, взвешенном и сорбированном на взвеси состояниях. Поскольку многие из них являются необходимыми для нормальной жизнедеятельности различных водных организмов, абиотическая среда служит их естественным источником. В свою очередь, в воду эти элементы поступают из подстилающих пород в процессе выщелачивания, так как земная кора в конечном итоге выступает в качестве исходной среды, поставляющей потоки различных элементов в биосферу. То есть, уровни концентраций различных элементов в

поверхностных водах зависят от состава и свойств выщелачиваемых пород. Таким образом, общая минерализация и химический состав пресных вод зависят от конкретных условий, однако существуют усредненные оценки применительно к таким системам в глобальном масштабе. Несмотря на определенную условность, они представляют интерес. Допустим, что средняя минерализация речной воды составляет 120 мг /л. Для этого содержания концентрации элементов в речных водах приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Содержание растворимых форм элементов в речных водах

№№ п/п	Элемент	Средняя концентрация в воде (мкг/л)	Средняя концентрация в сумме солей ($n \cdot 10^{-4}\%$)
1	железо	90	750
2	цинк	90	167
3	медь	7	58
4	мышьяк	2	17
5	никель	2	17
6	молибден	1	8,3
7	сурьма	1	8,3
8	кобальт	0,3	2,5
9	кадмий	0,2	1,7
10	селен	0,2	1,7
11	ртуть	0,0	0,58

Состояние металлов, присутствующих в водной среде, в значительной мере определяет их поведение в экосистеме, и здесь существенную роль играет процесс комплексообразования, который может изменить доступность элемента для биологических процессов. Например, при общей высокой концентрации металла в воде, он может не оказывать токсического действия на гидробионты, поскольку основная его масса находится в виде не усваиваемого комплексного соединения. Ионы металлов в водной среде могут участвовать в реакциях с различными ве-

ществами. Важными с точки зрения судьбы металлов являются реакции образования малорастворимых и комплексных соединений. В общем виде любая химическая реакция в растворе, описываемая уравнением $mA + nB = xC + yD$, характеризуется в условиях большого разведения концентрационной константой равновесия

$$K_p = \frac{|C|^x \cdot |D|^y}{|A|^m \cdot |B|^n},$$

где $|C|$, $|D|$, $|A|$, $|B|$ — равновесные концентрации реагирующих веществ, моль/л.

Таблица 1.2

Растворимость сульфидов некоторых металлов в воде (мг/л)

сульфид	Растворимость	Произведение растворимости
CdS	$8 \cdot 10^{-4}$	$3.6 \cdot 10^{-29}$
CoS	0.1	$3.0 \cdot 10^{-26}$
CuS	$6 \cdot 10^{-12}$	$8.5 \cdot 10^{-45}$
NiS	0.08	$1.4 \cdot 10^{-24}$
ZnS	0.3	$1.2 \cdot 10^{-23}$

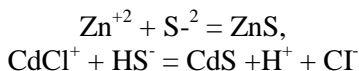
Правильнее связывать константу равновесия с активностями ионов. В этом случае говорят о термодинамической константе равновесия, которая выражается как

$$K = \frac{(|C|^x \cdot |D|^y)}{(|A|^m \cdot |B|^n)} \cdot (\gamma_c^x \gamma_d^y / \gamma_a^m \gamma_b^n),$$

где γ — мольные коэффициенты активности растворенных веществ.

Тяжелые цветные металлы в водных средах могут участвовать в реакциях образования малорастворимых соединений, что переводит основную их массу в коллоидную взвешенную фракцию и донные отложения. Примером могут служить реакции образования сульфидов. Как указывалось выше, при определенных условиях (анаэробных) в водной среде появляется сероводород H_2S , диссоциирующий с образованием HS^- и S^{2-} .

ионов, что приводит к образованию осадков малорастворимых сульфидов (цинка, кадмия и др.) и выпадению их в донные отложения.



Таким образом, образовавшиеся донные осадки с высоким содержанием металлов могут впоследствии служить их поставщиком в водную среду в случае прекращения ее загрязнения внешними источниками. В чистых водных растворах равновесная концентрация металла может быть определена исходя из величины произведения растворимости, однако в реальных водных системах использовать эту константу затруднительно, поскольку растворимость осадка будет зависеть от величины pH ионной силы раствора, его температуры, наличия примесей, химических реакций и др. Чаще всего величина произведения растворимости может служить для оценки нижней границы концентрации металла в воде. Однако определение реальных концентраций металлов в водной среде показывает, что они, как правило, значительно выше, чем значения, полученные исходя из произведения растворимости. Такая картина характерна для кадмия, кобальта, меди, никеля, цинка (в табл. 1.2 приведены значения произведений растворимости сульфидов некоторых металлов и их содержание в воде) и обусловлена процессами комплексообразования с лигандами, находящимися в водной среде. Вышесказанное подтверждает тот факт, что химический состав воды в значительной мере определяет состояние и судьбу металлов, в том числе и их перенос из донных отложений в водную среду. В качестве комплексообразующих агентов присутствующих в воде и способных образовывать достаточно прочные комплексные соединения выступают, например, аминокислоты, гуминовые вещества, различные анионы и другие соединения.

Участие металлов в процессах комплексообразования важно еще и потому, что зачастую снижает их токсичность по отношению к гидробионтам, поскольку часто токсичной формой являются свободные ионы металлов. В этом случае суммарная концентрация металла может превышать предельно допустимую, но

концентрация собственно токсической формы будет на субтоксическом уровне. Комплексообразование также может существенно влиять на окислительно-восстановительные процессы, меняя растворимость и биологическую доступность металлов.

Таким образом, в водной среде металл участвует в многостороннем равновесии, обусловленном процессами образования малорастворимых соединений, сорбции и ионного обмена на взвешенных частицах и донных отложениях, комплексообразования и метаболическими процессами у различных гидробионтов, которые в значительной мере зависят от состояния металлов в окружающей их среде. Что касается собственно поглощения загрязняющих веществ гидробионтами, то оно определяется усвоением с пищей и абсорбцией из водной среды. Таким образом, скорость биологического накопления определяется общей скоростью дыхания (то есть потреблением с водой) и скоростью потребления с пищей. В то же время выведение токсических веществ из организмов гидробионтов обуславливается природой токсиканта (ядовитое вещество).

При рассмотрении токсического действия таких поллютантов (веществ, преимущественно технико-антропогенного происхождения, загрязняющих естественную экосистему) как тяжелые металлы, необходимо отметить, что достаточно часто на практике встречается ситуация, когда несколько их одновременно присутствуют в водной среде. В этом случае токсический эффект воздействия на гидробионты может оказаться больше арифметической суммы (синергизм) или меньше (антагонизм), то есть индивидуальная токсичность металлов часто не отражает реально наблюдаемой ситуации.

Синергический эффект характерен для смеси таких металлов, как цинк и медь, которая в пять раз токсичнее, чем просто сумма индивидуальных токсичностей, а также для смеси цинк-никель. Вышеизложенное в полной мере следует отнести и к поллютантам, различным по своей природе. Например, загрязнение поверхностного слоя воды нефтью и нефтепродуктами приводит к тому, что многие металлы концентрируются в нем в результате образования комплексных соединений с органическими молекулами, процессов экстракции. С одной стороны, это приводит к снижению концентрации металла в толще воды, а с

другой — к действию их на организмы поверхностного слоя металлорганического комплекса. Совместное присутствие в водной среде нефти и ДДТ (пестицид – химикат, использовавшийся для борьбы с вредителями в сельскохозяйственном производстве) вызывает концентрирование ДДТ в нефтяной пленке, покрывающей поверхность водоема, в силу его хорошей растворимости в органике и сравнительно небольшой – в воде. Это в значительной мере определяет синергический эффект по отношению к фитопланктону. Таким образом, водная среда, характеризуясь гомогенностью и наличием фоновых содержаний различных элементов, является их источником для водных организмов. Однако удовлетворение этих потребностей идет на уровне достаточно малых содержаний элементов в воде, а что касается тяжелых металлов, то речь можно вести только о микроконцентрациях.

Рассматривая роль такой абиотической среды, как вода, необходимо отметить ее чрезвычайную роль в функционировании экосистем суши, поскольку она является веществом, необходимым для поддержания всех форм жизни на Земле. Следовательно, качество воды будет оказывать влияние не только на водные биоценозы, но и на ее потребителей на суше. Здесь, в первую очередь, необходимо иметь в виду возможность ее воздействия на человека при удовлетворении им физиологической потребности в питьевой воде. Таким образом, при рассмотрении водных экосистем, в частности влияния на них антропогенного фактора, следует учитывать возможные воздействия на водную среду из других абиотических сред, что обусловлено процессами переноса. Загрязнение водной среды может происходить за счет переноса «атмосфера-гидросфера». Действительно, выпадение аэрозолей из атмосферного воздуха на поверхность водоемов приводит к их загрязнению. К этому же приводит и вымывание атмосферными осадками газообразных загрязнителей атмосферы. Примером такого переноса может служить выпадение «кислых» осадков. Так, окислы серы, азота и других «кислых» газов, взаимодействуя с атмосферной влагой, образуют кислоты и их соли. Выпадение «кислых» осадков вызывает негативные экологические эффекты в водных экосистемах. Своего рода «ударные» эффекты возникают в случаях накопления атмосфер-

ных загрязнителей в снеговом покрове и попаданию их в водоемы во время весеннего паводка. В озерах южной части Норвегии рН за 20 лет уменьшилось в среднем на 1,25 единицы, а в ряде озер снизился с 5.9 до 5.4. Озера площадью 13 тыс. кв. км были полностью обезрыблены. На западе Швеции рН в большинстве озер уменьшилось с 6,5- 7,5 до 5,5. Очень резко меняется рН в период весеннего снеготаяния, когда большие количества кислоты попадают в озеро (рН талой воды достигает 3.0). Так, в Лапландии за двухнедельный период (таяние снега с рН 4,4) значение рН воды в малых реках упало с 7,0 до 4.9. Необходимо отметить также, что важную роль при этом играет состав горных пород как на площади водосбора, так и в районе озера. При высокой буферной способности горных пород закисление водоемов не наблюдается. Наибольшее закисление воды происходит в районах, где горные породы представлены преимущественно кварцем, изверженными породами. В случае осадочных пород с их высокой выщелачиваемостью закисление воды не происходит или происходит незначительно. Существенным моментом является выщелачивание тяжелых металлов из подстилающих пород и увеличение их концентрации в водной среде. Ситуации, способствующая развитию вышеописанных процессов, имеет место в Мурманской области и в республике Карелия.

Загрязнение водной среды в результате переноса «литосфера-гидросфера» также может быть существенным не только за счет процессов выщелачивания из подстилающих пород. Ливневые и талые воды с загрязненных территорий, в частности с промышленных площадок предприятий, поставляют в водоемы значительное количество техногенных загрязнений. Например, талый сток промышленной площадки одного из медеплавильных комбинатов характеризуется следующими показателями: рН талых вод 4-7; общая жесткость от 6 до 52 мг-экв/л; содержание сульфатов в пределах 270-500 мг/л; взвешенных веществ от 65 до 12500 мг/л; при максимальном количестве талых вод, поступающих в ливневую канализацию около 6 тыс. м³/сут в период интенсивного снеготаяния.

Возможны и более сложные пути миграции загрязнителей, приводящие не только к загрязнению водной среды, но и к

негативному воздействию токсикантов на звенья экосистем суши. Например, ртуть, попав в воздух, интенсивно вымывается из него атмосферными осадками на поверхность почвы, откуда очень медленно смывается в водоемы, где накапливается различными организмами и в итоге определяет высокие концентрации в рыбопродуктах, вызывая отравление людей использующих их в пищу.

Приведенный пример показывает, что следует рассматривать не только процессы переноса загрязнителей из абиотических сред, но и формы их нахождения в водной среде и организмах гидробионтов. Последнее обстоятельство особенно важно, поскольку такие загрязнители гидросферы, как тяжелые металлы, находятся в природных водах в основном в виде взвешенных частиц. Все это обуславливает необходимость создания системы наблюдений за поведением наиболее опасных загрязнителей природных сред для выявления закономерностей их поведения в экосистемах, тенденций в развитии ситуации, а также составления прогнозов на будущее. Такая система называется **мониторингом**.

Вопросы для самоконтроля

1. Что является предметом экологии?
2. Расшифруйте понятие «экологическая система».
3. Дайте понятие экологических факторов и их классификацию.
4. Каковы водные ресурсы биосферы и масштабы воздействия на них антропогенного фактора?
5. Охарактеризуйте ситуацию с ресурсами пресных вод в глобальных масштабах и в масштабах РФ.
6. Каковы основные виды взаимодействия различных организмов в экосистемах? Циклические процессы.
7. Опишите главные лимитирующие факторы работающие в водных экосистемах.
8. Каковы основные процессы, определяющие поведение тяжелых металлов в водной среде?
9. Как влияют на водные экосистемы процессы переноса из других абиотических сред?

2. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ

Как было отмечено ранее, поведение многих веществ-загрязнителей в природных системах, в том числе и водных, достаточно сложно. Многие из них естественно присутствуют в природе, создавая так называемые фоновые концентрации. Таким образом, встает задача выявления антропогенной составляющей того или иного фактора (в том числе и изменения концентрации загрязнителей в водных средах).

Этому служит система **мониторинга**. Под мониторингом обычно понимают систему повторных наблюдений одного или более элементов окружающей природной среды в пространстве и во времени с определенными целями в соответствии с заранее подготовленной программой.

Мониторинг включает наблюдения за факторами, воздействующими на окружающую природную среду, за состоянием природной среды, оценку ее фактического состояния, прогноз на будущее и его оценку с последующим принятием соответствующего решения. Следовательно, он является составной и неотъемлемой частью системы управления качеством природной среды, поскольку последнее невозможно без оценки ее состояния на настоящий момент и прогноза на будущее. Мониторинг может быть различным по масштабам, а также по целям и задачам. Мониторинг источников выбросов называется локальным или импактным, а мониторинг состояния такой крупной экосистемы, как биосфера — глобальным. Промежуточные по масштабам системы мониторинга — региональные и национальные.

Важным с точки зрения оценки естественного состояния экосистемы и вычленения антропогенного фактора является фоновый мониторинг, включающий наблюдения за состоянием элементов биосферы с получением данных о первоначальном (фоновом) их состоянии вне зон локального воздействия. Осуществляется он по определенной программе, на станциях наблюдения, расположенных вдали от антропогенных источников, и включает наблюдения за теми факторами, которые приводят к наиболее серьезным и длительным изменениям в природных средах, а также за наиболее чувствительными элементами биосферы (критическими), нарушение которых ведет к деградации экосистем.

Рассмотрение приоритетности факторов воздействия на фоновом уровне позволило включить в программу наблюдений ряд элементов и соединений, наиболее распространенных и устойчивых в окружающей среде, способных мигрировать на большие расстояния, воздействовать на биологические и геофизические системы. В первую очередь к ним относятся такие тяжелые металлы, как свинец, ртуть, кадмий, мышьяк, соединения серы, окись и двуокись углерода и др. Поскольку при воздействии загрязняющих веществ на абиотические среды возникает опасность количественных и качественных изменений в вещественном и энергетическом балансах, наблюдения включают изучение содержаний, миграции загрязняющих веществ, их трансформации в природных объектах, реакции биоты вне зон импактного воздействия. В табл. 2.1 приведено содержание тяжелых металлов в природных средах по данным фонового мониторинга.

Таблица 2.1

Фоновое содержание тяжелых металлов в природных средах

Элемент	Воздух нг/м.куб	Поверх- ностные воды, мкг/л	Дон- ные отл. мкг/кг	Почва мкг/кг	Раститель- ный материал, мкг/кг
ртуть	0,2 – 100	0,01 – 10	0,01	0,02 – 0,15	0,001 – 0,07
свинец	1 – 100	0,1 – 100	10	6,3 – 13,3	1 – 13
кадмий	0,1 – 10	0,01 – 100	0,1	0,1 – 0,9	0,04 – 0,5
мышьяк	0,05- 100	0,05 - 100	-	1,6 – 5,9	-

К локальному мониторингу в зоне непосредственного воздействия предприятия на природные системы относится контроль над сбросами по программе, согласованной с контролирующими организациями (оговариваются точки контроля, методики отбора проб и анализа загрязнений).

Мониторинг тесно связан с вопросами нормирования загрязнителей в природных средах, поскольку последнему способствует получение сведений о закономерностях их поведения, в частности перехода в различные организмы из окружающих сред. К водным системам это обстоятельство имеет непосредственное отношение, так как многие из загрязнителей, в частности и тяжелые

металлы (та же ртуть), имеют тенденцию к увеличению содержания в организмах, составляющих звенья пищевых цепей, и способны вызвать явления катастрофического порядка за пределами собственно водной среды (случаи отравления людей рыбопродуктами с высоким содержанием метилртути).

Учитывая, что в водную среду ежегодно сбрасываются огромные количества все новых и новых веществ-загрязнителей, детальное действие которых на гидробионты не изучено, а также то, что методы анализа малых концентраций «традиционных» загрязнений весьма трудоемки, оценка антропогенного влияния на экосистемы, выявление природы действующего фактора, а первоначально и оценка качества водной среды, оказываются зачастую затруднены. Это справедливо и в случае сброса в поверхностные воды стоков сложного состава, содержащих загрязнители с выраженным синергическим эффектом. Здесь важную роль играют методы биологической индикации, когда воздействие загрязнителей определяется по реакции отдельных организмов (или их популяций), так называемых видов-индикаторов. В этом случае реакция живых организмов служит сигналом о негативном воздействии. Можно использовать виды-индикаторы со специфичной реакцией на какой-либо загрязнитель, но часто они служат для обобщенной характеристики природных сред. Для водной среды в первом случае можно использовать виды, ведущие прикрепленный образ жизни, имеющие длительный цикл развития, соответствующие размеры, достаточную численность, высокие коэффициенты накопления загрязнителей, легко отбирающиеся для анализа, выдерживающие солоноватые воды. Ими могут быть, например, моллюски, мелкие ракообразные и др.

Методы биоиндикации все шире внедряются в практику контроля качества водной среды. Так, контроль может осуществляться непосредственно за токсичностью самих сточных вод, сбрасываемых предприятием, за качеством работы очистных сооружений, а также за токсичностью для гидробионтов вод открытых водоемов.

В первом случае для испытаний предлагаются три организма разной степени чувствительности: дафния, как чувствительный организм, большой прудовик, как организм средней чувствительности и гуппи, как малочувствительный организм.

Длительность испытаний 5 суток при температуре 17- 22 ° С. Критерием токсичности являются выживаемость и общее состояние (поведение) организма, оцениваемые по пятибалльной системе: 1 балл – вода весьма остро токсична, все организмы погибают в течение суток или менее; 2 балла – вода остро токсична, все организмы погибают в течение пяти суток; 3 балла – вода токсична, гибель дафний достигает 70-100%, прудовиков – не более 20%, гуппи – полностью выживают; 4 балла – вода мало токсична, гибель дафний не превышает 30%, прудовики и гуппи выживают; 5 баллов – вода условно нетоксична, все организмы выживают и по внешнему состоянию (поведению) не отличаются от контрольных.

Контроль токсичности сточных вод, разбавленных чистой водой (не подверженной загрязнению) в 5, 10, 100 и 500 раз, позволяет оценить скорость потери токсичности стока при увеличении степени разбавления, выделить внутри предприятия особо токсичные стоки и направить такие воды для специального обезвреживания.

Во втором случае (контроль открытых водоемов) вода не обладает такой острой токсичностью как сами сточные воды, однако длительное воздействие малых концентраций загрязнителей на гидробионты вызывает гибель или снижение численности наиболее чувствительных видов, а, следовательно, изменение структуры экосистемы в целом. Это обуславливает необходимость установления контроля над водоемами, подверженными антропогенному воздействию. Контроль осуществляется по оценке состояния чувствительных организмов и сводится к следующему: в 10 стаканов наливают по 100 мл испытуемой воды (контролем служит чистая вода в том же количестве), в каждый стакан помещают одно-двухдневных дафний. Длительность испытания 30 дней при температуре 17-22 ° С, дафний кормят водорослями, смену воды проводят через каждые 3-4 дня; критерий токсичности (вредности) — выживаемость, темп размножения (реальная плодовитость), наступление половозрелости и частота линек.

Степень токсичности или вредности воды водоема для дафний выражают в трехбалльной системе: 1 балл – вода токсична, дафнии (50%) живут менее 30 дней; 2 балла – вода вред-

на, дафнии (80% и более) живут в течение 30 дней, но реальная плодовитость на 25% меньше, чем в контроле; 3 балла – вода чистая, дафнии выживают, реальная плодовитость меньше на 25%.

Контроль по первому варианту проводят через каждые 5-7 дней, а по второму – через 20-30 дней. Запоздывание получаемых результатов компенсируется одновременным контролем за стоками и за водой водоема. В случае залпового сброса срабатывает контроль по первому варианту. Такая форма контроля, как правило, не дает представления о природе токсиканта, а указывает в обобщенном виде на токсичность воды для многих гидробионтов, что зачастую проще и надежнее аналитических методов. В настоящее время методика контроля качества воды с использованием дафний в качестве биоиндикаторов внедрена в практику работы бассейновых инспекций.

Мониторинг водной среды чрезвычайно важен и в санитарно-гигиеническом аспекте, поскольку наличие загрязнителей в питьевой воде оказывает непосредственное влияние на здоровье человека. В итоге с помощью моделирования и прогнозирования ситуации приводится в действие механизм управления качеством водной среды включающий постановку конкретной задачи по охране водного бассейна и ее реализацию.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое мониторинг?
2. Какова роль мониторинга в управлении качеством окружающей среды?
3. Классифицируйте виды мониторинга по масштабам и задачам.
4. Что такое фоновый мониторинг и каковы его задачи?
5. Почему такие загрязнители как тяжелые цветные металлы включены в различные программы мониторинга?
6. Как связан мониторинг водной среды с нормированием содержания в ней загрязнителей?
7. Что такое биоиндикация и каковы ее преимущества перед инструментальными методами анализа?
8. В каких единицах выражаются характеристики качества воды в методах биоиндикации?

3. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

Экологическая и экономическая безопасность общества в значительной мере определяются запасами и качеством пресной воды. В то же время в силу своей специфики водная среда подвергается наиболее интенсивному антропогенному воздействию. Именно поэтому важнейшим показателем качества среды обитания является степень чистоты поверхностных вод.

Органические вещества

В поверхностные воды попадают различные по своей природе загрязнители и среди них органические вещества (в том числе и отходы жизнедеятельности, исторически сопутствующие всему живому, в том числе и человеку) вносящие весомый вклад в формирование проблемы.

Последствия загрязнения поверхностных вод органическими веществами различны для проточных и стоячих водоемов. **Проточные водоемы** характеризуются высокой способностью к перемешиванию, обеспечивающему гомогенность (однородность) водной среды как в естественном, так и в загрязненном состоянии. Картину состояния водной среды после сброса можно представить следующим образом. В первой зоне, где происходит смешивание речной воды с потоком загрязнителя, происходит полная деградация водной экосистемы. В следующей зоне происходит активное разложение органики грибковыми организмами и бактериями (биоредукентами) сначала аэробными, а затем анаэробными. При полном использовании растворенного кислорода эта зона становится зараженной. Далее по течению идут зона восстановления, где происходит постепенная очистка воды с восстановлением ее первоначальных характеристик, и зона чистой воды. Река в этом случае сравнима с системой в состоянии брожения, обладающей способностью к самоочищению, то есть удалению взвешенной или растворенной загрязняющей органики. Следовательно, соединения находящиеся в воде или донных отложениях являются экологическим фактором, оказывающим влияние на водные биоценозы (рис.5), причем в результате процессов самоочищения в водной среде

проявляются вторичные эффекты (появление градиентов концентраций кислорода, питательных элементов и биологических субстанций). В поверхностных водах, загрязненных органическими соединениями, резко увеличивается количество бактерий, причем наряду с патогенными развиваются сапрофитные виды – гетеротрофные микроорганизмы, минерализующие органику. Такая микрофлора разлагает весь органический комплекс, причем плотность бактериальных популяций симбатна концентрации органики и уменьшается вниз по течению. Бактериальные формы характеризуются большим разнообразием. Так, есть виды, разлагающие целлюлозу, крахмал, жиры, белки, и виды, использующие продукты распада этих веществ.

	РАСТВОРЕННЫЙ КИСЛОРОД	ВОДА	РЫБЫ	БЕСПОЗВОНОЧНЫЕ	ПЛАНКТОН
		Чистая, мягкая	Обычная икhtiфауна	Фригании, поденки	<i>Naicisla</i> <i>Dinobryon</i> <i>Oedogonium</i>
		Мутная, окрашенная	Устойчивые к загрязнению карповые	Хирономиды, симулиды (мошки)	<i>Paramecia</i> <i>Stentor</i> <i>Beggiatoa</i>
		Загрязненная, с ядовитыми испарениями, плавающей грязью	Никакой фауны	Личинки комаров, трубочников, сирфиды	<i>Oscillatoria</i> <i>Sphaerolulus</i> <i>Melosira</i>
		Тенденция к мутности	Устойчивые к загрязнению карповые	Симулиды (мошки), хирономиды	<i>Spirogyra</i> <i>Euglena</i> <i>Randorina</i>
		Чистая, мягкая	Обычная икhtiфауна	Фригании, бегемотики	<i>Naicisla</i> <i>Dinobryon</i> <i>Oedogonium</i>

Рис. 5. Воздействие органического загрязнения на речной биоценоз

Анаэробные микроорганизмы живут в среде (вода, ил) лишенной кислорода и имеющей восстановительный характер. В ней при разложении простых углеводов образуется метан. В этих условиях в воде присутствуют сульфобактерии, восстанавливающие сульфаты до сернистых соединений и вырабатывающие сероводород. Они способствуют образованию черного сернистого железа, что обуславливает характерный черный

цвет ила и грязи. Другие анаэробные бактерии разлагают азотные соединения и выделяют аммиак.

Показателем массового потребления кислорода за счет резкого увеличения численности гетеротрофных микроорганизмов является БПК (биологическая потребность в кислороде, мг O_2 /литр). В воде, лишенной кислорода вследствие органического загрязнения, водоросли полностью отсутствуют. Однако при наличии кислорода, а также нитратов и фосфатов, извлекаемых деструкторами из разлагаемой органики или поступающих в воду в растворенном виде (например, минеральные удобрения), активно развиваются водоросли, причем те их виды, которые хорошо приспособлены к богатой питательными элементами среде: сине-зеленые, зеленые и др. По окончании процесса самоочищения воды и восстановлении ее качества в ней появляется фитоценоз, характерный для чистой воды.

Одновременно наблюдаются существенные нарушения и в зооценозах проточных вод. Рыбы и беспозвоночные, обитающие в чистой воде, не способны к выживанию в зараженной зоне. Однако в этих специфических условиях прекрасно себя чувствуют другие виды животных. Так, в донном иле в зоне активного разложения изобилуют личинки насекомых-сапрофагов, трубочники и др. С увеличением в воде концентрации растворенного кислорода в иле появляются личинки хиронимид и др. В зоне, где качество воды восстановилось до близкого к исходному, встречается фауна чистых вод, для которой характерно присутствие личинок насекомых, приспособленных к нормальному содержанию кислорода.

При загрязнении органикой стоячих вод наблюдается иная картина. Для вод этого типа (озера, пруды, болота и др.) характерны малая скорость движения воды и большая поверхность водоема, что обуславливает малую скорость водообмена и слабое обогащение воды кислородом. Процессы повышения продуктивности озер, вызванные увеличением количества питательных веществ (фосфатов, нитратов, органики и др.), поступающих с речным и поверхностными стоками, называются **эвтрофикацией**. При этих процессах наблюдается интенсивное развитие фитопланктона и водных растений. Если в естественных условиях эти процессы могут протекать в течение длитель-

ного времени, то антропогенное воздействие чрезвычайно ускоряет их, особенно в случаях сбросов со сточными водами значительных количеств органических веществ – фосфатов и нитратов. Рассматривая реакцию «фотосинтез-дыхание» в зрелой озерной системе, которое записывается как

$106 \text{ CO}_2 + 16 \text{ NO}_2^- + \text{HPO}_4^{-2} + 122 \text{ H}_2\text{O} + 18 \text{ H}^+$ - (продукция, дыхание) -

$\text{C}_{106}\text{H}_{263}\text{O}_{110}\text{N}_{16}\text{P}$ (цитоплазма водорослей) + 138 O_2

Можно определить, что дополнительное количество фосфора в воде (как лимитирующего элемента), равное 1 мг, позволяет синтезировать 100 мг сухой биомассы водорослей. А для минерализации этого количества осевшей на дно мертвой органики требуется дополнительно БПК равное 140 мг кислорода. Концентрация фосфора в хозяйственно-бытовых сточных водах порядка 3-8 мг/л дает возможность образования 300-800 мг органического вещества на 1 литр такого стока. Таким образом, вспышки продуктивности фитопланктона являются признаком наличия процессов эвтрофикации стоячих вод. Увеличение содержания фитопланктона в воде снижает ее прозрачность, что препятствует протеканию процесса фотосинтеза в глубинных слоях, способствует обогащению кислородом поверхностных слоев воды и сильному уменьшению его содержания в нижних. Этому в немалой степени благоприятствует жизнедеятельность сапрофитов по аэробному разложению отмершей органики. Перечисленные факторы вызывают существенные изменения в зооценозе водоема. Исчезают виды рыб, обитающие в чистых и холодных водах с высоким содержанием кислорода (лососевые), им на смену приходят неприхотливые травоядные рыбы (карповые), что приводит к резкому скачку продуктивности системы. В дальнейшем, после полного исчезновения кислорода в нижних слоях воды, начинаются процессы анаэробного брожения.

Следует отметить, что, помимо вышесказанного, бытовые стоки в силу естественных причин содержат широкий спектр микрофлоры, в том числе и патогенной. Это обстоятельство необходимо учитывать при оценке безопасности водоема с санитарно-гигиенических позиций.

Нефть и нефтепродукты

Нефть и продукты ее переработки (нефтепродукты) – (НП) являются другим масштабным и опасным в экологическом отношении органическим загрязнителем водных систем. Нефть представляет собой «жидкую природную ископаемую смесь углеводов широкого физико-химического состава, которая содержит растворенный газ, воду, минеральные соли, механические примеси и служит основным сырьем для производства жидких энергоносителей (бензина, керосина, дизельного топлива, мазута), смазочных масел, битумов и кокса». Под нефтепродуктами обычно понимают «главную и наиболее характерную часть нефти и продуктов ее переработки, содержащие неполярные и малополярные углеводороды (алифатические, ароматические и алициклические)».

Проблема загрязнения нефтью окружающей среды, и в первую очередь водного бассейна, связана с местами ее добычи на суше и на морском шельфе, а также с маршрутами транспортировки, главным образом водным путем. Что же касается нефтепродуктов, то в поверхностные воды они поступают как при их транспортировке, так и при сбросе сточных вод предприятиями различных отраслей. Основным источником загрязнения водоемов нефтью служат сточные воды предприятий нефтяной и нефтеперерабатывающей промышленности.

Значительный вклад в загрязнение вносят и другие источники: речной транспорт, нефтебазы, промывочно-пропарочные станции; многочисленные автотранспортные и железнодорожные предприятия, автосервисы, сточные воды которых загрязнены нефтепродуктами. Половина нефтепродуктов, поступающих в поверхностные пресные воды представляют собой отработанные моторные масла, попадающие в водоемы как с промышленными стоками, так и с дождевыми потоками через ливневую канализацию и с поверхностным стоком. Поэтому отработанные масла, загрязняющие землю у автостоянок и гаражей, в итоге попадают в близлежащие природные водоемы. Вносят свой вклад в загрязнение поверхностных вод и хозяйственно-бытовые стоки.

В силу своей природы нефть и нефтепродукты при попадании в водные экосистемы оказывают различное воздействие

на их компоненты. При попадании в воду, в силу своих поверхностно-активных свойств и малой плотности, они, растекаясь по поверхности, образуют тонкую пленку, покрывающую большие площади. Так одна тонна нефти покрывает пленкой до 12 кв. км водной поверхности. Помимо того, что происходит экранирование поверхности, препятствующее газообмену с атмосферным воздухом (со всеми вытекающими отсюда последствиями), идет экранирование наиболее продуктивных поверхностных слоев воды от светового потока и оказание прямого токсического действия на обитающие там сообщества организмов. Исходные нефтепродукты нефтяной пленки участвуют в различных процессах, таких как испарение в атмосферный воздух легколетучих фракций, растворение НП в воде, сорбция их взвешенными частицами и донными отложениями, образование эмульсий, химическое и биохимическое окисление. Все это приводит к снижению концентрации НП в воде и изменению их химического состава. Происходит самоочищение водоема, однако следует отметить, что нефть и нефтепродукты относятся к соединениям, которые с большим трудом окисляются микроорганизмами, в связи с чем скорость процессов самоочищения невелика и для «переработки» НП требуются водные системы больших масштабов или участки рек большой протяженности.

Естественное присутствие нефти в литосфере обуславливает ее содержание в водной среде в незначительных концентрациях, колеблющихся в пределах 0,1-0,01 мг/л. В редких случаях эта величина достигает 1-1,5 мг/л. В значительной мере эти фоновые концентрации определяются активностью в водоеме биологических процессов, способствующих его самоочищению.

Присутствие нефтепродуктов в воде в высоких концентрациях оказывает не только негативное воздействие на водные экосистемы, но может угрожать человеку хроническим отравлением.

Для нефтепродуктов установлены предельно допустимые концентрации в воде водоемов культурно-бытового и хозяйственно-питьевого назначения – 0,3 мг/л. Для воды рыбохозяйственных объектов эта величина составляет 0,05 мг/л.

Взвешенные вещества

Поскольку взвешенные вещества, которые содержатся в талых и ливневых стоках, промышленных и хозяйственно бытовых сточных водах и т.п. служат одним из основных загрязнителей поверхностных пресных вод, они в значительной мере определяют возникновение определенных экологических эффектов. Так, процессы осаждения взвеси и заиливание приводят к засыпанию нерестилищ и организмов, обитающих в придонном слое воды. Этот эффект в различной степени характерен и для искусственных водохранилищ. Другим эффектом, вызываемым присутствием в воде взвешенных веществ, является соосаждение с ними в донные отложения фитопланктона. Отмечена четкая обратная связь между количеством в воде взвешенных веществ и количеством фитопланктона: чем больше взвеси в воде, тем меньше в ней фитопланктона. Не проходит бесследно наличие в природных водах избытка взвешенных веществ и для зоопланктона, поскольку значительная его часть представлена организмами с фильтрационным аппаратом питания, подверженным максимальному воздействию этого вида загрязнения. Страдают от избыточного содержания в воде взвешенных веществ и рыбы вследствие нагрузки на жабры и кишечник, что отражается на темпах роста и других показателях. Степень загрязнения взвешенными веществами влияет и на характер восстановления не только различных показателей водной среды, но и экосистемы в целом. Так, если до сброса сточных вод, основным загрязнителем которых являются нетоксичные взвешенные вещества, в речной воде содержание фитопланктона составляло 1,169г/ куб. м, то после сброса оно снизилось до 0,906. Чем выше содержание взвешенных веществ в воде, тем труднее идет восстановление биомассы фитопланктона. При трехкратном (в сравнении с чистым участком реки) превышении содержания взвешенных веществ биомасса фитопланктона восстанавливалась вниз по течению через 10-15 км, при пятикратном – через 40 км. Не следует забывать, что взвешенные вещества снижают прозрачность воды, а, следовательно, уменьшают поток солнечной энергии, что способствует снижению активности процесса фотосинтеза в глубинных слоях со всеми вытекающими отсюда последствиями.

Неорганические загрязнители

Это широкий спектр различных по своей природе соединений, многие из которых в умеренных или малых (иногда на уровне микроконцентраций) количествах естественным образом присутствуют в природных водах, попадая туда за счет процессов переноса из литосферы и ее поверхностного слоя (почвы) и вымывания и осаждения из атмосферного воздуха, и активно участвуют в процессах обеспечения жизнедеятельности водных организмов.

Мы остановимся лишь на некоторых наиболее важных из них, а именно, **тяжелых** (имеющие атомный вес больше 40) **металлах**. Еще раз подчеркнем то обстоятельство, что при сбросе в водоемы сточных вод, содержащих тяжелые металлы, увеличение их содержания в воде происходит на естественном фоне, причем многие из них на уровне микроконцентраций играют важную роль в жизнедеятельности водных организмов. В этом плане должна существовать тесная связь между элементарным составом среды обитания и элементарным составом тканей гидробионтов. Причем для такой абиотической среды, как поверхностные пресные воды, в силу их нейтральной реакции характерным является тот факт, что в таких условиях основная масса тяжелых металлов (Zn, Cu, Ni, Co, Pb, Cd) находится во взвешенном состоянии. Наибольшая изменчивость содержаний тяжелых металлов характерна для донной фауны, что в значительной мере обусловлено возрастом, особенностями образа жизни (малоподвижностью), типом питания (фильтрационный механизм) и метаболизмом (процесс обмена веществ в организме).

Оценку способности гидробионтов к накоплению того или иного загрязнителя выражают таким показателем, как коэффициент накопления (Кн), который представляет собой отношение концентрации загрязнителя в организме к концентрации его в воде $K_n = C_z / C_z \text{ вода}$.

Для тяжелых металлов коэффициенты накопления их гидробионтами могут достигать значительных величин (от сотен до десятков тысяч), но для всех типов водных систем они уменьшаются при переходе от планктона к рыбе (за исключением такого элемента, как ртуть). В табл. 4.1. приведены диапазо-

ны изменения коэффициентов накопления в условиях пресноводной озерной системы.

Таблица 3.1.

Диапазоны значений коэффициентов накопления тяжелых металлов гидробионтами в пресноводной озерной системе

Элемент	Коэффициент накопления	Элемент	Коэффициент накопления
Кадмий	10 – 200	Железо	190
Хром	10 – 20	Никель	85 – 235
Медь	60 - 120	Цинк	22 – 780
		Стронций	20 – 40

Это обстоятельство необходимо учитывать, особенно в тех случаях, когда дело касается радиоактивных изотопов (например, стронция-90) или такого элемента как ртуть.

Среди тяжелых металлов есть такие, которые необходимы для человека и других живых организмов. Это так называемые биогенные элементы. Другая группа тяжелых металлов, попадая в живой организм, оказывает на него токсическое действие. Такие металлы относят к классу ксенобиотиков, т.е. чуждых живому. Они классифицируются как металлы-токсиканты. Среди них выделена приоритетная группа, в которую входят кадмий, медь, мышьяк, никель, ртуть, свинец, цинк и хром как наиболее опасные для здоровья человека и животных. Наиболее токсичны из них ртуть, свинец и кадмий.

Ртуть

Ртуть – химический элемент II группы периодической системы элементов Д.И. Менделеева с атомным номером 80 и относительной атомной массой 200,59. В обычных условиях представляет собой блестящий серебристо-белый тяжелый жидкий металл с удельным весом 13,54616 г/см³ при 20° С. Относится к первому классу опасности (чрезвычайно опасное химическое вещество).

В земной коре ртуть распространена крайне мало (-0,1 X 10⁻⁴ %), но в силу своего присутствия ее биогеохимический кру-

говорот осуществляется во всей биосфере и в нем участвуют и литосфера, и гидросфера, и атмосфера, и биота во всех ее проявлениях (рис.6). Обычно фоновые уровни валового содержания ртути (растворенные формы) в природных пресных водах составляют 0,03-0,07 мкг/л; в донных отложениях рек и пресноводных озер – 0,05-0,1 мг/кг; в пресноводных растениях – 0,04-0,06 мг/кг сухой массы.

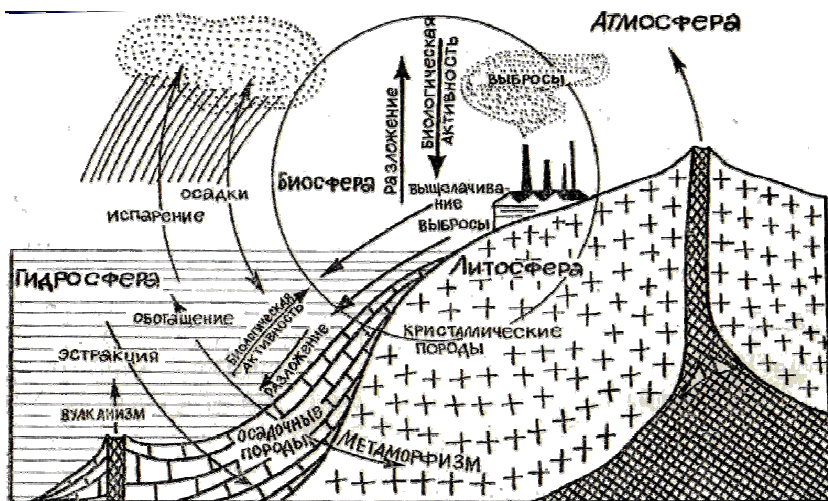


Рис. 6. Биологический круговорот ртути

При отсутствии указаний на загрязнение ртутью, ее уровни в питьевых водах, как правило, не превышают 0,1 мкг/л. В силу участия в глобальных круговоротах и присутствия в микроколичествах во всех объектах окружающей нас природной среды ртуть также присутствует и в организме человека в количестве порядка 13 мг, но ее физиологическая роль пока не выяснена.

Для ртути характерно малое время пребывания в воде. Она быстро переходит в донные отложения в виде различных соединений, в том числе и с органическими веществами. Это обстоятельство способствует накоплению ртути (как и других тяжелых металлов) в донных осадках. Впоследствии, при значительных уровнях накопления, последние могут служить источником хронического загрязнения ртутью, медленно поставляю-

щим ее в воду и действующим и после исчезновения первоначального источника загрязнения в течение длительного времени. Особенностью поведения ртути в водной среде является то, что важную роль в ее круговороте играют бактерии. Первоначально ртуть попадает в водную среду в виде иона Hg^{2+} , где бентосные микроорганизмы превращают их в диметилртуть $(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$. Последняя относится к числу наиболее ядовитых веществ. Затем диметилртуть легко переходит в водорастворимый катион HgCH_3^+ . Оба этих соединения хорошо поглощаются различными водными организмами и включаются в пищевую цепочку. Первоначально они накапливаются в растениях и мельчайших организмах, затем – в рыбах. Метилированная ртуть очень медленно выводится из организма – месяцами у людей и годами у рыб. Поэтому концентрация ртути в трофической цепи непрерывно увеличивается, и в итоге в организме хищных рыб, питающихся другими рыбами, концентрация ртути может оказаться на несколько порядков больше, чем в воде, из которой она была выловлена. Так, коэффициенты накопления метилртути для морской рыбы достигают $5 \cdot 10^5$, а в речных системах для фитопланктона и хищных рыб соответственно $1 \cdot 10^4$ и $4 \cdot 10^5$. Таким образом, реакция одних гидробионтов на заражение ртутью вызывает повышенное накопление ее в пищевых цепях, причем в особо токсичной форме, и создает угрозу для здоровья человека при употреблении в пищу таких рыбопродуктов. Последнее обстоятельство и послужило толчком к изучению причин отравления населения со смертельными исходами в 1956 г. в Японии (местечко Минамата в честь которого получила название и болезнь). Ртуть была обнаружена в консервированном тунце, который в качестве пищи употребляли жертвы этого отравления. Выяснилось, что один из заводов сбрасывал в Японское море отходы ртути как раз в том районе, где выявились случаи отравления людей. Необходимо отметить, что страдают от поедания отравленной рыбы как люди, так и другие питающиеся ей животные, в частности тюлени.

Миграционная цепочка элемента представлена на рис. 7.

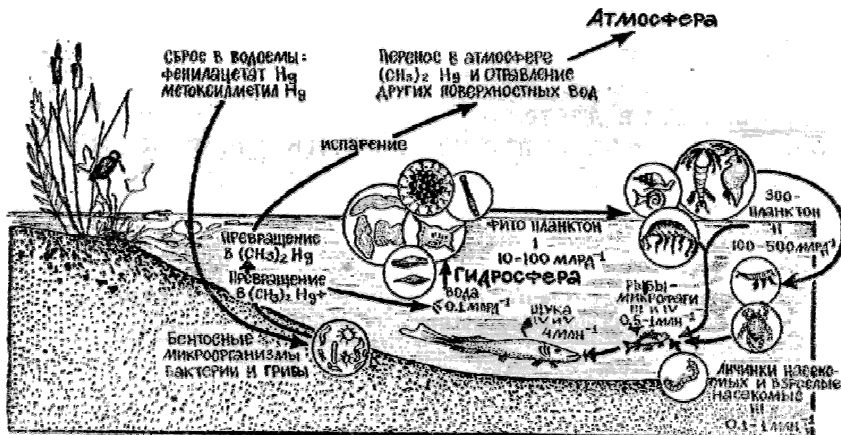


Рис. 7. Потoki ртути в водной экосистеме

Все сказанное заставляет с особым вниманием относиться к «ртутной» проблеме, особенно, когда в сточных водах присутствуют ее органические соединения.

Подобная реакция (метилирование) бентосных микробных сообществ водных экосистем наблюдается и по отношению к таким элементам, как селен, теллур и мышьяк, что также необходимо учитывать при оценке воздействия этих загрязнителей на экосистемы, причем не только водные, но и смежные с ними, куда поставляется их продукция.

Кадмий

Кадмий — химический элемент II группы периодической системы элементов Д. И. Менделеева. Порядковый номер 48, атомная масса 112,40. Это серебристо-белый, мягкий, ковкий металл, температура плавления 321°C , температура кипения 767°C . Среди всех токсичных и особо токсичных элементов таблицы Д.И. Менделеева по темпам и масштабам загрязнения стал одним из приоритетных загрязнителей планеты. После накопления сведений по его токсикологии, кадмий был признан особо опасным экотоксикантом. Его соединения относятся к первому классу опасности. Необходимо отметить, что токсичны все соединения кадмия, и он обладает высокой кумулятивной способностью.

Наряду со свинцом и ртутью, кадмий не является жизненно необходимым элементом. Его содержание в земной коре невелико ($8 \cdot 10^{-6} \%$). Будучи по своей природе элементом, не способным к высокой аккумуляции в геосистемах, кадмий под воздействием человека превратился в элемент, аккумулирующийся преимущественно в городском пространстве, куда его поступление последовательно возрастало с увеличением разнообразия выпускаемой продукции, используемой в высоких технологиях и хозяйственно-бытовых целях. Это обстоятельство и обусловило его поступление в водную среду как за счет вымывания из атмосферного воздуха, куда он поступает от различных технологических процессов (сжигание угля, когда каждая тонна каменного угля содержит в среднем 2 г кадмия, нефтепродуктов, природного газа на теплоэлектростанциях, с газовыми выбросами предприятий, производящих или использующих кадмий), так и с поверхностным стоком с сельскохозяйственных угодий при внесении в них фосфорных, азотных и органических удобрений и с неочищенными стоками промышленных предприятий (гальванического производства, свинцово-цинковых заводов, обогатительных фабрик). Попадая в природные водоемы, основная масса кадмия осаждается и накапливается в донных отложениях и в силу своей склонности к активному биоконцентрированию накапливается в значительных концентрациях в звеньях пищевых цепей. Кадмий легко проникает в морскую воду и океан через сеть поверхностных и грунтовых вод.

В незагрязненных пресноводных водоемах и реках содержание кадмия колеблется в пределах 0,020-0,400 мкг/л. Наименьшее его содержание в океане зарегистрировано в акватории Тихого океана, к востоку от Японских островов ($\sim 0,8-9,6$ нг/л на глубине 5500 м). В загрязненных и сточных водах концентрация кадмия может достигать десятков микрограммов в 1 дм³.

Растворенные формы кадмия в природных водах представляют собой главным образом минеральные и органо-минеральные комплексы. Основной взвешенной формой кадмия являются его сорбированные соединения. Значительная часть кадмия может мигрировать в составе клеток гидробионтов. Это определяет естественные пути снижения концентрации растворенных соединений кадмия в воде за счет процессов сорбции,

выпадения в осадок гидроксида и карбоната кадмия и потребления их водными организмами.

Образуя, как и ртуть, крайне токсичные летучие алкилированные формы, кадмий за счет связывания с органическими соединениями может как проникать в зеленую массу растений, так и удаляться из нее обратно. Эти свойства – летучесть и высокая проникающая способность – определяют высокие темпы распространения кадмия в биосредах. Так в Японии сточные воды цинкового рудника послужили загрязнителем реки, и питьевая вода стала содержать кадмий; кроме того, речной водой орошали рисовые поля и плантации сои. Спустя 15-30 лет более 150 человек умерло от хронического отравления кадмием. Этот случай вошел в историю эндемических отравлений тяжелыми металлами под названием «болезнь итаи-итаи». Как и ртуть, кадмий обладает высокой способностью накапливаться в водных организмах. Например, двусторчатые моллюски могут накапливать кадмий, повышая его концентрацию в своем организме в миллион раз по сравнению с содержанием в морской воде. Примером последствий загрязнения водной среды кадмием может служить и сброс промышленных сточных вод в реку Энц (Германия), в результате чего плотва, значительная часть пищи которой берется из донных отложений, содержала в 50 раз больше кадмия, чем та же плотва, выловленная намного выше места сброса. Это обстоятельство заставило власти предостеречь население от потребления такой рыбы. Спустя 7 лет после принятых мер ограничения по употреблению рыбы в пищу были сняты. В загрязненных районах высокие концентрации кадмия обнаруживаются в организме животных, имеющих раковину или панцирь. У рыб накопление кадмия происходит, в основном, в тканях внутренних органов (но не в скелетной мускулатуре).

Для предотвращения попадания различных загрязнителей, содержащихся в хозяйственно-бытовых сточных водах, они подвергаются очистке, технология которой предусматривает образование так называемого активного ила, который в силу его свойств (высокое содержание органических веществ) и необходимости утилизации зачастую использовался в качестве удобрения в сельском хозяйстве. Однако, в силу высокой способности кадмия к накоплению, высокое содержание последнего в иле (от 70 до 1500 мг/кг) приводило к снижению урожайности и загрязнению

сельскохозяйственной продукции. Схожие ситуации возникали и при использовании речного ила из загрязненных водоемов. Это лишний раз доказывает, что загрязнение одной природной среды, в данном случае водной, может привести к непредвиденным последствиям в других природных средах. Ввиду этих обстоятельств необходим строгий контроль за этим токсикантом.

В сравнении с метилртутью кадмий обычно проявляет меньшую токсичность по отношению к растениям и сопоставим по токсичности со свинцом. Наличие кадмия в воде в концентрациях порядка 0,2-1 мг/л замедляет фотосинтез и рост растений. Для пресноводных рыб порог острой токсичности кадмия находится в пределах от 0,09 до 105 мкг/л. Интересно, что увеличение жесткости воды повышает степень защиты организма от отравления кадмием.

Свинец

Свинец – химический элемент IV группы периодической системы; атомный номер 82, атомная масса 207. Это мягкий, ковкий, пластичный металл тускло-серого цвета. Известен еще со времен древних цивилизаций и широко используется человеком в силу своих свойств. Содержание свинца в земной коре составляет $1,5 \cdot 10^{-3} \%$, что позволяет отнести его к редким металлам, но он концентрируется в сульфидных породах, образуя месторождения.

Из земной коры свинец может вымываться под воздействием атмосферных процессов, переходя постепенно в океаны, где ионы Pb^{2+} участвуют во многих реакциях, накапливаясь в океанских осадках в виде сульфидов или сульфатов. В пресной воде содержание свинца выше и может достигать $2 \cdot 10^{-6} \%$.

Естественными источниками свинца являются процессы растворения содержащих его минералов. Техногенными источниками, значительно повышающими содержания свинца в окружающей среде (в т.ч. и в поверхностных водах) являются теплоэнергетические предприятия сжигающие уголь, водный транспорт использующий тетраэтилсвинец в качестве антидетонатора в моторном топливе, сточные воды обогатительных фабрик, некоторых металлургических заводов (главным образом предприятий цветной металлургии), химических производств,

шахт и т.д. Полигоны твердых бытовых отходов также представляют собой мощные источники загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами, в том числе и свинцом.

В речных водах концентрация свинца колеблется от десятых долей до единиц микрограммов в 1 дм³. Даже в воде водных объектов, прилегающих к районам полиметаллических руд, концентрация его редко достигает десятков миллиграммов в 1 дм³. Лишь в хлоридных термальных водах концентрация свинца иногда достигает нескольких миллиграммов в 1 дм³.

В природных водах свинец находится как в сорбированном состоянии на взвешах, так и в растворимой форме, причем осаждение содержащей свинец взвеси с одной стороны, способствует снижению его концентрации в воде, а с другой – увеличению его концентрации в донных отложениях со всеми вытекающими отсюда последствиями.

Свинец не является жизненно необходимым элементом. Тем не менее, в силу своего присутствия в природных средах различные организмы содержат его на уровне микроколичеств. На уровне концентраций выше фоновых он токсичен и как ртуть и кадмий относится к I классу опасности, являясь канцерогеном и тератогеном.

В водной среде свинец в значительной степени концентрируется в донных отложениях, которые впоследствии служат его источником. В результате он включается в трофические цепи, конечные звенья которых зачастую оказываются вне водной среды и, что особенно опасно, могут затрагивать человека. Так для устриц коэффициенты накопления свинца могут достигать нескольких сотен. Особо высокая токсичность органических соединений свинца и их способность накапливаться в жировой ткани водных животных (рыбы, тюлени, киты и т.п.) приводит к опасным ситуациям для человека при использовании им морепродуктов. Так у аборигенов в северном Квебеке (Канада), главную пищу которых составляют тюлений и китовый жир, было обнаружено высокое содержание свинца в крови на порядок превышающее допустимый предел. Опасность возникает и в случае использования морепродуктов (китовое мясо и т.п.) для откармливания сельскохозяйственных животных.

Особо следует отметить, что тетраэтилсвинец, поступающий в водоемы в результате использования водным транспортом этилированного бензина и поверхностного стока формируемого на городских территориях, обладает кумулятивными свойствами и характеризуется высокой токсичностью, в связи с чем его нахождение в воде водоемов хозяйственно-питьевого, культурно-бытового и рыбохозяйственного назначения не допускается.

Таким образом, сложное поведение различных загрязнителей в природных средах может, казалось бы, при ординарной ситуации оказать негативное воздействие не только на водные экосистемы, но и на человека, создавая угрозу его безопасности по разным направлениям – от потери ресурсов и снижения их качества вплоть до прямой угрозы его здоровью.

Эти обстоятельства определили необходимость нормирования содержания загрязнителей в различных природных средах, обеспечивающих безопасность человека. В полной мере это относится и к водной среде.

Вопросы для самоконтроля

1. Опишите основные особенности воздействия органических загрязнителей на пресноводные водоемы?
2. Какова специфика воздействия нефтепродуктов на водные системы?
3. Опишите экологические последствия сброса в водоемы сточных вод с высоким содержанием нетоксичных взвешенных веществ.
4. Что такое коэффициент накопления загрязнителя?
5. Как ведет себя в водной среде ртуть и каково участие в этом процесса метилирования?
6. К чему приводит накопление кадмия в отдельных звеньях пищевой цепочки в водных экосистемах?
7. Какие процессы обуславливают поведение свинца в водной среде?

4. ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ ВОДЫ И ЕГО КРИТЕРИИ (ПРЕДЕЛЬНО-ДОПУСТИМЫЕ КОНЦЕНТРАЦИИ)

Учитывая то обстоятельство, что в настоящее время человечеству известно более 19 миллионов химических соединений, и порядка 80 тысяч из них производятся в промышленном масштабе, то совершенно очевидна необходимость разработки критериев качества окружающей среды – гигиенических нормативов, обеспечивающих в первую очередь безопасность человека.

Современный подход к гигиеническому нормированию вредных веществ в окружающей среде (в том числе и в водной) предполагает отсутствие у человека даже временных отклонений от нормы, напряжения защитных и адаптационных механизмов ни в ближайшем, ни в отдаленном будущем. У человека не должны изменяться биологические, психические и социальные функции. Норматив должен предусматривать отсутствие отрицательного влияния загрязнителя на потомство, а также вторичные эффекты, т.е. воздействие в результате участия в различных процессах в экологических системах.

Основные принципы гигиенического нормирования загрязнителей заключаются в том, что в первую очередь принимаются во внимание только особенности их воздействия на организм человека и специфика взаимодействия человека с природной средой, для которой вводятся нормативы. Считается также, что ниже определенной концентрации (порога) загрязнитель не оказывает негативного действия (принцип пороговости). Кроме того, поскольку индивидуальная чувствительность и состояние организма предполагают различную реакцию на действие одного и того же фактора, то гигиенический норматив должен защитить от неблагоприятного воздействия каждого члена общества. В связи с этим нормирование ведется исходя из учета воздействия загрязнителя на наиболее ранимые группы населения (дети, лица старшего возраста и ослабленные люди). Учитываются также все возможные виды неблагоприятного воздействия на среду и организм человека, каждому из которых соответствует определенный показатель вредности. При нормировании вредных веществ в воде водоемов пользуются следующими показателями вредности:

- органолептическим (изменение качества воды, проявляющееся в появлении постороннего запаха, привкуса, изменении цвета, окраски),
- обще-санитарным (изменение экологических условий, pH, влияние на растительность, способность к самоочищению, и т.п.),
- санитарно-токсикологическим, т.е. непосредственно влияющим на организм человека,
- токсикологическим, учитывающим прямое токсическое действие веществ на организмы, обитающие в водном объекте,
- рыбохозяйственным, учитывающим изменение товарных качеств промысловых водных организмов: появление неприятных и посторонних привкусов и запахов.

Необходимо отметить, что любой утвержденный норматив может быть пересмотрен, если появятся научно обоснованные данные о неблагоприятном влиянии загрязнителя на здоровье населения на уровне норматива.

При нормировании содержания загрязнителей в воде водоемов учитывается универсальная роль воды в природе и при хозяйственном использовании. Это определяет требования к качеству воды в зависимости от вида ее использования, а именно, хозяйственно-питьевое, культурно-бытовое, рыбохозяйственное и промышленное. **Виды водопользования** определяются соответствующими органами и утверждаются органами местного самоуправления субъектов РФ. **Хозяйственно-питьевое водопользование** предусматривает использование водных объектов или их части для хозяйственно-питьевого водоснабжения и для снабжения предприятий пищевой промышленности. В соответствии с санитарными правилами и нормами эта вода должна быть безопасна в эпидемическом и радиационном отношении, а также безвредна по химическому составу и должна иметь благоприятные органолептические свойства. Водоемы с таким характером водопользования относятся к водоемам первой категории. **Культурно-бытовое водопользование** предусматривает использование водных объектов для отдыха населения, купания и занятия спортом. В этом случае требования к качеству воды распространяются на все участки водных объектов в пределах населенных пунктов. Такой характер водопользования относит эти водоемы ко второй категории. Водные объекты **рыбохозяй-**

ственного пользования делятся на **три категории**, а именно: **высшую**, к которой относятся места нерестилищ, массового нагула и зимовальных ям ценных видов рыб и других промысловых водных организмов, а также охранные зоны хозяйств любого типа для разведения и выращивания рыб, других водных животных и растений; **первую**, предусматривающую использование водных объектов для сохранения и воспроизводства ценных видов рыб, обладающих высокой чувствительностью к содержанию в воде кислорода; **вторую категорию**, к которой относятся водоемы, используемые для других рыбохозяйственных целей.

Поскольку человек использует воду не только для удовлетворения своей физиологической потребности в этом ресурсе (порядка 2-4 литров в сутки), но и для приготовления пищи, хозяйственно-бытовых целей (стирка, мытье), отдыха, занятий спортом и т.д., то при нормировании загрязнителей учитывается не только непосредственное их влияние на организм человека (санитарно-токсикологический признак вредности), но и влияние на свойства воды (органолептический признак вредности) и на процессы, определяющие способность водоемов к самоочищению (общесанитарный признак вредности). Гигиенические нормативы качества воды распространяются на воды подземных и поверхностных источников, используемых для водоснабжения населения, рекреационного и культурно-бытового водопользования, на питьевую воду и воду в системах горячего водоснабжения. Установленные нормативы называются **предельно допустимыми концентрациями (ПДК) загрязнителей** в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурного водопользования. ПДК – это та максимальная концентрация вещества в воде, при которой оно, при поступлении в организм человека в течение всей жизни, не оказывает прямого или косвенного влияния на здоровье населения в настоящем и последующих поколениях, а также не ухудшает условия водопользования.

Эти гигиенические нормативы (ПДК) разработаны в соответствии с Федеральным законом «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 30 марта 1999 года, N 52-ФЗ и Положением о государственном санитарно-эпидемиологическом нормировании, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 июля 2000

года, N 554 (ГН 2.1.5.1315-03). Они устанавливают предельные допустимые концентрации химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования и действуют на всей территории Российской Федерации. Действие нормативов распространяется на воду подземных и поверхностных источников, используемых для централизованного и нецентрализованного водоснабжения населения, для рекреационного и культурно-бытового водопользования, а также питьевую воду и воду в системах горячего водоснабжения.

Для водоемов, имеющих рыбохозяйственное значение, устанавливаются свои нормативы – **рыбохозяйственные предельно допустимые концентрации (ПДК_{рх})**, определяющие максимальную концентрацию вредного вещества в водоеме, при которой не возникает последствий, снижающих его рыбохозяйственную ценность. Эти ПДК устанавливаются по наиболее чувствительному звену трофической цепи водоема и предусматривают отсутствие гибели рыб и организмов, служащих для них кормом, их постепенного исчезновения, ухудшения товарных качеств рыбы и замены ценных видов на малоценные.

Помимо ПДК существуют **ориентировочные безопасные уровни воздействия веществ (ОБУВ)**, которые разрабатываются на основе расчетных и экспресс-экспериментальных методов прогноза токсичности, являются временными нормативами и применяются только на стадии предупредительного санитарного надзора за проектируемыми или строящимися предприятиями и очистными сооружениями.

Качество воды определяется ее составом и свойствами. Оценка качества производится с использованием различных критериев (в том числе и ПДК). **Физико-химические показатели качества воды** включают следующие критерии:

- **температура.** Этот физический показатель существенным образом влияет на кислородный режим и активность процессов самоочищения водоема, интенсивность фотосинтеза и др., что приводит к нарушению (часто необратимому) естественного баланса в водоеме, в результате чего в нем складываются особые экологические условия, негативно сказывающиеся на животном и растительном сообществе и как следствие, качестве воды. В обычных условиях на температуру поверхностных вод

влияет температура и влажность воздуха, скорость и характер движения воды в водоеме или водотоке и другие факторы. Она может изменяться по сезонам года весьма существенно (от 0,1 до 30 °С). Что касается подземных источников, то их температура более стабильна (в пределах 8-12 °С).

Поскольку повышение температуры воды водоема обычно происходит при сбросе в него теплых сточных вод, то для недопущения необратимых нарушений экологического равновесия, температура воды в водоеме летом в результате спуска сточных вод не должна повышаться более чем на 3°С по сравнению со среднемесячной температурой самого жаркого года за последние 10 лет.

Для питьевых целей оптимальная температура воды составляет 7 – 11 °С.

- **содержание взвешенных веществ**, состоящих в основном из частиц глины, песка, ила, суспендированных органических и неорганических веществ, планктона и различных микроорганизмов. Взвешенные частицы, присутствующие в воде, влияют на ее прозрачность. Выражается в мг/л. Этот показатель дает представление о загрязненности воды частицами в основном условном диаметре более $1 \cdot 10^{-4}$ мм. Косвенно определение загрязненности воды производят по мутности воды.

- **мутность** воды вызвана присутствием тонкодисперсных примесей, обусловленных нерастворимыми или коллоидными неорганическими и органическими веществами различного происхождения. Определение мутности проводят описательно: мутность не заметна (отсутствует), слабая опалесценция, опалесценция, слабомутная, мутная и сильная муть. Чаще всего мутность измеряют на нефелометре и выражают в нефелометрических единицах мутности НЕФ (NTU).

- **прозрачность**. Этим критерием пользуются при незначительных окраске и мутности воды. Прозрачность воды обусловлена ее цветом и мутностью, т.е. содержанием в ней различных окрашенных и минеральных веществ. Мера прозрачности – высота столба воды, при которой можно наблюдать опускаемую в воду белую пластину определенных размеров (диск Секки) или различать на белой бумаге шрифт определенного

размера и типа (шрифт Снеллена). В этом случае результаты выражают в сантиметрах.

- **цветность** – естественное свойство природной воды, обусловленное присутствием в ней природных окрашенных соединений органической (гуминовые вещества) и неорганической природы (соединения железа, марганца). Цветность воды в значительной мере зависит от свойств и структуры донных отложений и подстилающих пород, характера водной растительности, прилегающих к водоему почв, наличия в водосборном бассейне болот и торфяников и др. Определяется в градусах шкалы цветности, и для воды поверхностных водоемов этот показатель не должен превышать 20 градусов.

- **запах** – один из существенных органолептических показателей качества воды, определяющий возможность ее использования для питьевого водоснабжения. Может быть естественного (от живущих и отмерших организмов, от влияния почв, водной растительности и т.п.) и искусственного происхождения. К первой группе запахов относятся «землистый», «гнилостный», «торфяной», «плесневый» и т.п., а ко второй – «запах нефтепродуктов», «хлорный», «уксусный» и др. Оценивают интенсивность запаха по пятибальной шкале: 0 баллов соответствует его отсутствию; 1 балл – очень слабой интенсивности, при которой запах сразу не ощущается, но обнаруживается при тщательном исследовании экспертом (при нагревании); 2 баллам – слабая интенсивность запаха, когда последний замечается, если обратить на это внимание; 3 балла (заметный запах) – легко обнаруживаемый запах, который может заставить относиться к воде с неодобрением. Отчетливому запаху соответствуют 4 балла. В этом случае запах обращает на себя внимание и делает воду неприятной для питья. При 5 баллах у воды настолько сильный запах, что он делает воду непригодной для питья. Определяют запах при нормальной (20° С) и при повышенной (60° С) температуре воды. У воды, используемой для хозяйственно-питьевого водоснабжения (как горячего, так и холодного), интенсивность запаха не должна превышать двух баллов.

- **вкус и привкус** являются еще одним органолептическим критерием качества воды. Выделяют четыре основных вкуса: соленый, кислый, горький и сладкий, а остальные вкусо-

вые ощущения считают привкусами (солонюватый, горьковатый, металлический, хлорный и т.п.) Интенсивность вкуса и привкуса также оценивают по 5-балльной шкале, в соответствии с которой при интенсивности в 0 баллов вкус и привкус не ощущаются, при очень слабой интенсивности (1 балл) вкус и привкус потребителем сразу не ощущаются, но обнаруживаются при тщательном тестировании (экспертом). При слабой интенсивности (2 балла) вкус и привкус замечаются, если обратить на это внимание. Заметная интенсивность вкуса и привкуса, которые легко замечаются и вызывают неодобрительный отзыв о воде характеризуется величиной в 3 балла. Отчетливому вкусу и привкусу, которые обращают на себя внимание и заставляют воздержаться от питья, соответствуют 4 балла, а при 5 баллах, соответствующих очень сильной интенсивности вкуса и привкуса, последние настолько сильны, что делают воду непригодной к употреблению. Для питьевой воды значения показателей вкуса и привкуса допускаются не более двух баллов.

- **водородный показатель (pH)** – один из важнейших показателей качества воды, определяющий ее стабильность, происходящие в ней биологические процессы, миграционную способность различных элементов, токсичность загрязняющих веществ, коррозионную способность и т.д.

Природу этого показателя можно объяснить следующим образом. Если рассматривать воду без примесей, то молекула воды (хотя и в крайне незначительной степени) диссоциирует на ионы водорода H^+ и гидроксид-ионы OH^- в соответствии с уравнением



Константа равновесия этого процесса описывается уравнением

$$K = (|H^+| * |OH^-|) / |H_2O|$$

Откуда можно записать

$$|H^+| * |OH^-| = K * |H_2O|$$

откуда $K_w = |H^+| * |OH^-| = 10^{-14}$

Произведение концентраций ионов водорода и гидроксидов при постоянной температуре величина постоянная и называется ионным произведением воды (K_w). Отсюда следует, что увеличение концентрации одного иона вызывает соответствующее уменьшение концентрации другого и наоборот. В нейтральной среде концентрации этих ионов равны.

$$[H^+] = [OH^-] = 10^{-7} \text{ г-ион/л}$$

Для оценки кислотности или щелочности принято использовать не значение концентраций ионов водорода или гидроксидов, а так называемый водородный показатель, который равен отрицательному значению десятичного логарифма концентрации ионов водорода

$$pH = -\lg [H^+]$$

При наличии в воде веществ, диссоциирующих с образованием ионов водорода или гидроксидов (кислоты, щелочи, соли и др.) концентрации ионов водорода и гидроксидов равны не будут при постоянном ионном произведении. Нейтральной среде соответствует значение pH в районе 7, тогда как увеличение кислотности среды будет приводить к снижению pH, а увеличению щелочности среды соответствует увеличению значения pH. В соответствии с этим критерием воды подразделяются на следующие группы: сильнокислые (pH менее или равно 3), кислые (pH от 3 до 5), слабокислые (pH от 5 до 6,5), нейтральные (pH от 6,5 до 7,5), слабощелочные (pH от 7,5 до 8,5), щелочные (pH от 8,5 до 9,5) и сильнощелочные, у которых pH выше 9,5.

Для речных вод значение pH чаще всего заключено в пределах 6.5-8.5, для атмосферных осадков 4.6-6.1, болотных вод 5.5-6.0. У морских вод pH обычно находится в пределах 7.9-8.3. Значение этого показателя подвержено сезонным колебаниям. Так величина pH зимой для большинства речных вод составляет 6.8-7.4, тогда как летом возрастает до 7.4-8.2. В определенной мере pH природных вод определяется природой подстилающих горных пород.

Для питьевой воды в соответствии с нормативами рН должен находиться в пределах 6,0-9,0, а для водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования 6,5-8,5. Снижение величины рН природных вод (до 5,0-5,5) происходит обычно за счет повышенных содержаний природных кислот, например, гуминовых.

- **минерализация**, т.е. общее содержание находящихся в воде минеральных веществ и недиссоциированных растворенных органических веществ также является важным критерием качества вод. Выражается в г/л и определяется химическим анализом или по весу сухого остатка, полученного при выпаривании определенного объема профильтрованной воды и высушенного до постоянного веса при 105-120° С.

По этому критерию воды делятся на пресные (минерализация менее 1 г/л), солоноватые (от 1 до 25 г/л), соленые (25 – 50 г/л) и рассолы (минерализация более 50 г/л). Предел пресных вод – 1 г/л – установлен в связи с тем, что при минерализации воды более 1 г/л значения вкуса воды неприятен – соленый или горько-соленый. Этим и определен норматив для питьевой воды, минерализация которой не должна быть выше 1 г/л.

Для большинства рек минерализация воды колеблется от нескольких десятков миллиграммов в литре до нескольких сотен, а для атмосферных осадков чаще всего ее значение находится в пределах от 3 до 60 мг/л. В случае подземных вод и воды соленых озер этот показатель меняется от 40–50 мг/л до сотен г/л.

- **жесткость воды** – важнейший химический показатель ее качества. Определяет содержание в воде солей кальция и магния (солей жесткости) и выражается в мг-экв/л. Различают жесткость карбонатную (временную или устранимую), некарбонатную (постоянную) и общую.

Карбонатную жесткость воды определяют двууглекислые соли кальция и магния, которые при нагревании или кипячении воды разлагаются на малорастворимые карбонаты (отлагающиеся на греющих поверхностях в виде накипи) и углекислый газ.

Некарбонатная (постоянная) жесткость определяется содержанием в воде некарбонатных солей кальция и магния –

сульфатов, хлоридов, нитратов. При нагревании воды или ее кипячении они остаются в растворе.

Общая жесткость воды представляет собой суммарное содержание солей кальция и магния и выражается как сумма карбонатной и некарбонатной жесткости.

Существует следующая классификация воды по жесткости: **очень мягкая**, у которой общая жесткость не превышает 1,5 мг-экв/л, **мягкая** (жесткость от 1,5 до 4 мг-экв/л), вода **средней жесткости** (жесткость от 4 до 8 мг-экв/л), **жесткая** (содержание солей жесткости от 8 до 12 мг-экв/л) и **очень жесткая**, содержащая более 12 мг-экв/л солей жесткости.

Вода поверхностных источников, как правило, относительно мягкая (3-6 мг-экв/л), тогда как жесткость подземных вод зависит от многих факторов, но чаще составляет 6 мг-экв/л и выше.

Повышенное содержание в воде солей жесткости придает ей неприятный вкус. Кроме того, постоянное употребление такой воды внутрь приводит в конечном итоге к нежелательным последствиям (снижение моторики желудка, накопление солей в организме, приводящее к заболеванию суставов и образованию камней в почках и желчном пузыре).

Очень мягкая вода при постоянном употреблении тоже приводит к нежелательным последствиям для организма человека. Она способна вымывать из костей кальций, способствует развитию рахита, ломкости костей.

По существующим нормативам жесткость питьевой воды не должна превышать 7 мг-экв/л.

Необходимо отметить, что использование воды с повышенной жесткостью для других целей также нежелательно, т.к. она вызывает образование налета, отложение накипи, требует повышенного расхода моющих средств, замедляет процесс приготовления пищи. Эти обстоятельства в ряде случаев ограничивают ее использование и требуют применения специальных систем водоподготовки (в частности, в энергетике).

В бытовых условиях самый простой способ умягчения воды – это ее кипячение, приводящее к выпадению в осадок малорастворимых карбонатов, или использование бытовых фильтров с патронами для снижения жесткости воды.

-содержание кислорода – важный показатель качества воды. Его содержание в воде в значительной мере определяет направление и скорость процессов окисления находящихся в воде различных соединений, оказывает существенное влияние на жизнь водоема. Для рыб минимальное содержание растворенного кислорода, обеспечивающее их нормальное развитие составляет порядка 5 мг O_2 /дм³. Массовую гибель (замор) рыбы вызывает понижение содержания кислорода в воде до 2 мг/дм³. Избыточное содержание кислорода также неблагоприятно для гидробионтов.

Определяют содержание кислорода в воде разнонаправленные процессы. С одной стороны, способствующие увеличению его содержания, а с другой – снижающие его концентрацию в воде.

К первым следует отнести поглощение из атмосферного воздуха через поверхность раздела фаз, выделение за счет фотосинтетической активности водных растений и поступление с дождевыми и талыми водами отличающимися, как правило, более высокими содержаниями кислорода. К особенностям процесса поглощения кислорода из атмосферного воздуха следует отнести его зависимость от температуры (растворимость кислорода в воде растет с понижением ее температуры), атмосферного давления (с ростом атмосферного давления растет также парциальное давление кислорода а, следовательно, и равновесная его концентрация в воде) и минерализации воды (чем выше ее минерализация, тем меньше растворимость в ней кислорода). На фотосинтетическую активность водных растений влияет температура воды (с ростом растет), естественно, освещенность и наличие биогенных элементов. Все сказанное относится преимущественно к поверхностным слоям воды, тогда как в глубинные слои кислород попадает за счет процессов вертикальной циркуляции. Изложенное выше необходимо учитывать для оценки последствий воздействия на водную среду (например, при попадании в воду нефтепродуктов, образование на поверхности пленки, препятствующей кислородному обмену).

Уменьшают содержание кислорода в воде различные гидробионты, использующие его для дыхания, процессы окисления находящихся в воде различных соединений и т.п. Активи-

зации этих процессов способствует увеличение температуры воды. Содержание кислорода в поверхностных водах может колебаться от 0 до 14 мг/л, причем эти колебания могут иметь суточные и сезонные циклы, определяемые вышеуказанными процессами. Так суточные колебания концентрации кислорода в воде могут составлять порядка 2,5 мг/л, что зависит от соотношения «продукция-потребление». К возникновению дефицита кислорода, чаще всего, приводят высокие концентрации в воде органических соединений.

В соответствии с нормативами, в воде водоемов хозяйственно-питьевого назначения у пунктов водопользования содержание кислорода в любой период года должно быть не менее 4 мг/л. Для рыбохозяйственных водоемов эта норма составляет для зимнего периода – 4 мг/л, а для летнего – 6 мг/л.

По этому показателю поверхностные воды классифицируются следующим образом (в числителе – содержание в воде растворенного кислорода летом, в знаменателе – зимой): очень чистые – 9/14-13, чистые – 8/12-11, умеренно загрязненные – 7-6/10-9, загрязненные – 5-4/5-4, грязные – 3-2/5-1, очень грязные – 0/0.

-окисляемость – показатель, характеризующий содержание в воде различных растворенных и нерастворенных преимущественно органических соединений природного и техногенного происхождения (гуминовые кислоты и их соли, аминокислоты, белки, жиры, «мертвая» органика, соединения, используемые и сбрасываемые производством и т.д.). На окисление этих соединений расходуется растворенный в воде кислород, что приводит к снижению его концентрации. Именно поэтому знание окисляемости так важно. Ее выражают в миллиграммах кислорода, эквивалентного количеству реагента, пошедшего на окисление органических веществ, содержащихся в 1 л воды, и определяют, используя такие сильные окислители, как перманганат и бихромат калия. Использование в качестве реагента перманганата калия позволяет окислить от 30 до 50% содержащейся в воде органики, тогда как бихромат калия окисляет ее на 90%. В поверхностных малозагрязненных водах определяют перманганатную окисляемость (перманганатный индекс); в более загрязненных водах, как правило, определяют бихроматную

окисляемость (так называемую химическую потребность в кислороде – ХПК). По этим показателям классифицируют следующие типы вод (см. табл. 4.1.).

Таблица 4.1.

Типы вод по уровню окисляемости

Перманганатная окисляемость	мг О/л	ХПК мг О/л	степень загрязнения воды
очень малая	до 4	1	очень чистая
малая	4-8	2	чистая
средняя	8-12	3	умеренно загрязненная
высокая	12-20	4	загрязненная
очень высокая	свыше 20	5-15	грязная
		свыше 15	очень грязная

В соответствии с требованиями к составу и свойствам воды водоемов у пунктов питьевого водопользования величина ХПК не должна превышать 15 мг О/дм³, а в рекреационных зонах допускается в водных объектах значение ХПК до 30 мг О/дм³

Биохимическая потребность в кислороде (БПК₅, БПК_{полн}) (также в мг О/л) определяется окислением органических соединений в природных водах не химическими веществами, а за счет биохимических процессов в аэробных условиях. Наиболее часто определяют биохимическое потребление кислорода за пять суток, т.е. БПК₅. При этом в условиях обеспечения достаточного доступа кислорода, рН = 6-8 и температуре 20° С, окисляется примерно 70% легкоокисляющихся органических веществ. Обычно этот показатель в поверхностных водах находится в пределах 0,5-4,0 мг О/л. За 10-20 суток происходит окисление соответственно 90 и 99 % органики. При определении БПК_{полн} процесс окисления длится иногда до 35 суток. В соответствии с этим показателем вода по степени загрязнения классифицируется следующим образом.

Качество воды БПК 5 мг О/л

- очень чистая – 0,5-1,0;
- чистая – 1,1-1,9;
- умеренно загрязненная – 2,0-2,9;
- загрязненная – 3,0-3,9;
- грязная – 4,0-10,0;
- очень грязная – свыше 10,0.

Для водоемов хозяйственно-питьевого назначения величина БПК₅ должна составлять не более 3 мгО₂/л и не более 6 мгО₂/л для водоемов хозяйственно-бытового и культурного водопользования. Для водоемов рыбохозяйственного водопользования I и II категории пятисуточная потребность в кислороде (БПК₅) при 20° С не должна превышать 2 мг О/дм³.

Микробиологические показатели воды определяют ее безопасность в эпидемическом отношении. Критерием в этом случае служит число микроорганизмов и бактерий группы кишечных палочек в единичном объеме воды (индекс) или объем воды (в мл), содержащий одну кишечную палочку (титр). По этим показателям питьевая вода должна содержать не более 100 микроорганизмов в 1 мл и не более 3 бактерий группы кишечных палочек в 1 л воды.

Токсикологические показатели качества воды. Они характеризуют безвредность ее химического состава и включают нормативы (ПДК) для веществ, которые встречаются в природных водах, добавляются к воде в виде реагентов при ее обработке, или появляются в ней в результате промышленного, сельскохозяйственного, бытового и иного загрязнения источников водоснабжения. Ниже приведены значения ПДК для некоторых элементов и соединений.

Таблица 4.2

Значения предельно-допустимых концентраций (ПДК)

Наименование химического вещества	ПДК, не более (мг/л)
алюминий остаточный (Al)	0,5
бериллий (Be)	0,0002
молибден (Mo)	0,25

мышьяк (As)	0,05
нитраты (NO_3^-)	45,0
полиакриламид остаточный	2,0
свинец (Pb)	0,03
селен (Se)	0,01
стронций (Sr)	7,0
фтор (F) для климатических районов	I и II - 1,5 III - 1,2 IV - 0,7

Фтор. Недостаток или избыток этого элемента в организме приводит к серьёзным заболеваниям. Повышенное содержание фтора в воде (более 1,5 мг/л) оказывает вредное влияние на людей и животных, у населения развивается эндемический флюороз ("пятнистая эмаль зубов"), рахит и малокровие. Отмечается характерное поражение зубов, нарушение процессов формирования костной ткани, истощение организма. Недостаток фтора в воде (менее 0,5 мг/л) приводит к кариесу зубов. Фтор – один из немногих элементов, которые лучше усваиваются организмом из воды. Оптимальная доза фтора в питьевой воде составляет 0,7-1,2 мг/л. Поскольку основным источником поступления фтора в организм человека является вода, то его содержание в ней нормируется. ПДК фтора составляет 1,5 мг/л, но зависит от климатических условий, поскольку в разных климатических районах у жителей разное потребление воды для удовлетворения физиологической потребности организма.

Для элементов и соединений, влияющих на органолептические свойства воды, также установлены нормативы. Ниже приведены ПДК, обеспечивающие благоприятные органолептические свойства воды для веществ, которые встречаются в природных водах; добавляются к воде в процессе ее обработки и появляются в ней в результате промышленного, сельскохозяйственного и бытового загрязнений источников водоснабжения.

Следует добавить, что для питьевой воды, подаваемой в водопровод без специальной обработки по согласованию с органами санитарно-эпидемиологической службы, допускается: су-

хой остаток до 1500 мг/дм³, общая жесткость до 10 моль/м³, железо до 1 мг/дм³; марганец до 0,5 мг/дм³.

Таблица 4.3

ПДК, обеспечивающие благоприятные органолептические свойства воды

Показатель	ПДК, не более (мг/л)
железо (Fe)	0,3
жесткость общая	7,0 (мг-экв/л)
марганец (Mn)	0,1
медь (Cu ²⁺)	1,0
полифосфаты остаточные (PO ₄ ⁻³)	3,5
сульфаты (SO ₄ ⁻²)	500
сухой остаток	1 000
хлориды (Cl ⁻)	350
цинк (Zn ²⁺)	5,0

Для химических веществ и соединений, присутствующих в воде в результате промышленного, сельскохозяйственного и бытового загрязнений, концентрации не должны превышать установленных значений ПДК. Однако, при присутствии в воде веществ с одинаковым лимитирующим показателем вредности, сумма отношений их фактической концентрации к соответствующей величине ПДК не должна превышать 1 (так называемый эффект суммации). В этом случае расчет ведут по формуле:

$$\frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ПДК_n} \leq 1,$$

Для обеззараживания воды в практике часто используют ее обработку газообразным хлором (хлорирование). В связи с этим существует норматив на содержание свободного и связанного хлора в питьевой воде 0,3-0,5 и 0,8-1,2 мг/л соответственно. В некоторых случаях по указанию органов санитарно-эпидемиологической службы или по согласованию с ними допускается повышенная концентрация остаточного хлора в воде. При обеззараживании воды методом озонирования концентрация остаточного озона должна быть 0,1-0,3 мг/л.

В качестве показателя, часто используемого для оценки качества водных объектов можно привести индекс загрязнения воды – ИЗВ. Его рассчитывают по шести-семи показателям часть, из которых является обязательными. К ним относятся: концентрация растворенного кислорода, pH, БПК₅. В качестве остальных показателей используют наиболее неблагоприятные для данного водоема или те, которые имеют максимальные значения приведенных концентраций. Рассчитывается ИЗВ следующим образом:

$$\text{ИЗВ} = (1/N) \sum C_i / \text{ПДК}_i, \text{ где}$$

C_i – концентрация компонента (или значение параметра),

N - число показателей, используемых для расчета индекса,

ПДК_i – нормированная величина для соответствующего компонента и типа водного объекта.

Таблица 4.4

Классификация водных объектов соответствии со значением индекса загрязнения воды

Воды	Значение ИЗВ	Класс качества вод
Очень чистые	менее 0,2	1
Чистые	0,2 – 1,0	2
Умеренно загрязненные	1,0 – 2,0	3
Загрязненные	2,0 – 4,0	4
Грязные	4,0 – 6,0	5
Очень грязные	6,0 – 10,0	6
Чрезвычайно грязные	свыше 10,0	7

В табл. 4.5. приведены ПДК некоторых часто встречающихся тяжелых цветных металлов и наиболее токсичных соединений для питьевой воды.

В соответствии с гигиенической классификацией водных объектов первой и второй категории по степени их загрязнения **допустимая степень загрязнения** (индекс загрязнения 0) соответствует пригодности водного объекта для всех видов водопользования населения практически без каких-либо ограничений,

- **умеренная** (индекс 1) свидетельствует об известной опасности для населения культурно-бытового водопользования на водном объекте. Использование его как источника хозяйственно-питьевого водоснабжения без использования очистных сооружений для снижения степени загрязнения может привести к появлению начальных симптомов интоксикации у части населения, особенно при наличии в воде веществ 1 и 2 классов опасности,

- **высокая** степень загрязнения (индекс 2) указывает на безусловную опасность культурно-бытового использования такой воды. Использование такого водного объекта как источника хозяйственно-питьевого водоснабжения недопустимо из-за сложности удаления токсических веществ в ходе обработки воды на станциях водоподготовки. Употребление для питья воды, имеющей высокую степень загрязнения может привести к появлению у населения симптомов интоксикации и развитию отдаленных эффектов, особенно в случае присутствия в воде веществ 1 и 2 классов опасности.

Чрезвычайно высокая степень загрязнения водного объекта (индекс 3) делает его абсолютным непригодным для всех видов водопользования. С гигиенической точки зрения загрязнение является крайне высоким, и даже кратковременное использование такой воды опасно для здоровья населения.

Таблица 4.5

ПДК тяжелых металлов и токсичных соединений для питьевой воды

Вещество	ПДК (мг/л)	Показатель вредности
Хром (3+)	0,5	санит.- токсикол.
Ванадий	0,1	санит.- токсикол.
Никель	0,1	санит.- токсикол.
Цианиды	0,035	санит.- токсикол.
Кадмий	0,001	санит.- токсикол.
Ртуть	0,0005	санит.- токсикол.

Вопросы для самоконтроля

1. Каковы основные принципы нормирования содержания вредных веществ в воде?
2. Перечислите показатели вредности, используемые при нормировании содержания вредных веществ в воде.
3. Как виды водопользования и категоричность водоемов связаны с нормированием качества воды?
4. Что такое ПДК загрязнителя в воде?
5. Что такое рыбохозяйственные ПДК и в чем заключается их специфика?
6. Назовите критерии кроме ПДК, используемые для характеристики качества воды.
7. Что такое эффект суммации?
8. Что такое индекс загрязнения воды и как классифицируются воды в зависимости от его значения?

5. ОХРАНА ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ И ИСТОЩЕНИЯ

Учитывая особую роль водной среды в жизнеобеспечении человека, проблема ее охраны является предметом внимания Международного сообщества и органов власти Российской Федерации. Последнее реализуется практической работой по таким направлениям, как принятие законных и подзаконных актов, технических и экономических решений по предотвращению загрязнения водного бассейна и рациональному использованию водных ресурсов, повышению уровня экологической культуры общества. Вполне понятно, что эти направления органично связаны между собой.

Правовые аспекты

Важность проблемы сохранения качества окружающей среды обеспечивающего безопасное существование человека подтверждено тем, что в Конституции Российской Федерации закреплено право каждого гражданина на благоприятную окружающую среду, которая служит основой жизни и устойчивого развития.

Общие положения основ государственной политики «в области охраны окружающей среды, обеспечивающие сбалансированное решение социально-экономических задач, сохранение благоприятной окружающей среды, биологического разнообразия и природных ресурсов в целях удовлетворения потребностей нынешнего и будущих поколений, укрепления правопорядка в области охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности» определены Федеральным законом «Об охране окружающей среды (№7-ФЗ от 10.01.2002 г.). Экологическая безопасность определяется законом как «состояние защищенности природной среды и жизненно важных интересов человека от возможного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, их последствий». Закон является базовым в регулировании отношений в части взаимодействия общества с природной средой, неизменно возникающих при любых видах деятельности человека, поскольку они предполагают в

том или ином виде эксплуатацию природных ресурсов. Разработанные в неразрывной связи с настоящим Законом федеральные законы и нормативные правовые акты РФ, а также законы и правовые акты, принятые субъектами РФ, служат основой законодательства об охране окружающей среды. Среди этих законов Водный и Земельный кодексы, а также Законы об экологической экспертизе, санитарно-эпидемиологическом благополучии населения и охране здоровья имеют непосредственное отношение к охране водной среды и поддержанию ее качества на безопасном уровне.

Важным в природоохранном законодательстве РФ является то, что наряду с ответственностью всех уровней государственной власти за безопасную окружающую среду в нем предусмотрены презумпция экологической опасности всех видов деятельности человека и, в связи с этим, обязательная оценка воздействия планируемой деятельности. Наряду с платностью природопользования и независимостью контроля законодательство предусматривает право на получение достоверной информации о состоянии окружающей среды и участие общественных организаций, а также юридических и физических лиц в работе по ее охране. Следует отметить то обстоятельство, что законодательство запрещает все виды деятельности, последствия которых «непредсказуемы для окружающей среды, а также реализации проектов, которые могут привести к деградации естественных экологических систем, изменению и (или) уничтожению генетического фонда растений, животных и других организмов, истощению природных ресурсов и иным негативным изменениям окружающей среды».

Законодательство предусматривает, что приоритетом в части охраны пользуются «естественные экологические системы, природные ландшафты и природные комплексы, не подвергшиеся антропогенному воздействию».

Чрезвычайно важным является то обстоятельство, что Законом (№7-ФЗ) предусмотрена «организация и развитие системы экологического образования, воспитание и формирование экологической культуры», а также «участие граждан, общественных и иных некоммерческих объединений в решении задач охраны окружающей среды». Это связано с пониманием того,

что только в обществе высокой экологической культуры возможно обеспечение экологической безопасности. В связи с этим Закон предусматривает систему всеобщего и комплексного экологического образования, включающую «дошкольное и общее образование, среднее, профессиональное и высшее профессиональное образование, послевузовское профессиональное образование, профессиональную переподготовку и повышение квалификации специалистов, а также распространение экологических знаний, в том числе через средства массовой информации, музеи, библиотеки, учреждения культуры, природоохранные учреждения, организации спорта и туризма», в соответствии с которой, во всех вышеперечисленных звеньях системы преподаются основы экологических знаний, охраны окружающей среды, экологической безопасности и рационального природопользования. Системой предусмотрено экологическое просвещение, способствующее формированию экологической культуры общества и обучение по этим направлениям руководителей всех уровней.

В соответствии с законодательством граждане Российской Федерации имеют право «на благоприятную окружающую среду, на ее защиту от негативного воздействия, вызванного хозяйственной и иной деятельностью, чрезвычайными ситуациями природного и техногенного характера, на достоверную информацию о состоянии окружающей среды и на возмещение вреда окружающей среде», которое реализуется путем создания различных организаций, деятельность которых направлена на охрану окружающей среды, взаимодействием по этим вопросам с органами власти различных уровней, принятием участия в массовых акциях, связанных с природоохранной проблематикой, инициации проведения общественной экологической экспертизы и участием в ней, информированием органов власти о негативных воздействиях на окружающую среду для получения мотивированных ответов, обращением в суды по вопросам возмещения вреда окружающей среде.

Важно и то, что помимо прав природоохранное законодательство накладывает на граждан РФ определенные обязательства, без выполнения которых невозможно эффективно охранять окружающую среду, а именно, каждый гражданин РФ обя-

зан «сохранять природу и окружающую среду», «бережно относиться к природе и природным богатствам» и соблюдать требования природоохранного законодательства.

Применительно к охране поверхностных вод от загрязнения Закон запрещает сброс отходов в поверхностные пресные водоемы и подземные водные объекты, а также размещение и захоронение опасных отходов на площадях водосбора водоемов, вода которых используется для питьевого водоснабжения и в лечебных целях.

В целях охраны поверхностных вод природоохранное законодательство РФ (Земельный кодекс, Водный кодекс, Закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения») предусматривает создание санитарно-защитных зон водоемов, земли которых должны относиться к категории особо охраняемых территорий.

Водным кодексом РФ определено, что полоса земли вдоль берега водного объекта (**береговая полоса**) является объектом **общего пользования**. Каждый гражданин вправе использовать береговую полосу для передвижения (**без использования механических транспортных средств**), пребывания вблизи водоема, любительского и спортивного рыболовства и причаливания плавучих средств. Естественно, что нахождение в береговой зоне предусматривает соблюдение гражданами санитарно-гигиенических требований. Ширина береговой полосы для рек и ручьев, протяженность которых от истока до устья более десяти километров, составляет двадцать метров, и для водных объектов меньшей протяженности и каналов – пять метров. К береговой полосе примыкают водоохранные зоны водоемов, на которых устанавливается специальный режим «осуществления хозяйственной и иной деятельности в целях предотвращения загрязнения, засорения, заиления указанных водных объектов и истощения их вод, а также сохранения среды обитания водных биологических ресурсов и других объектов животного и растительного мира. В границах водоохранных зон устанавливаются прибрежные защитные полосы, на территориях которых вводятся дополнительные ограничения хозяйственной и иной деятельности».

Ширина водоохраной зоны рек и ручьев, как и ширина береговой полосы, зависит от их протяженности. Так при протяженности менее десяти километров водоохранная зона составляет пятьдесят метров, при протяженности от десяти до пятидесяти километров – сто метров, и при протяженности более пятидесяти километров ее размер составляет двести метров. Для истоков рек и ручьев радиус водоохраной зоны составляет пятьдесят метров. В случае озер и водохранилищ установлена водоохранная зона пятьдесят метров.

Данные значения ширины водоохранных зон установлены для случаев уклона берега в стороны водоема три и более градуса. В случае меньших значений уклона ширина защитной полосы сокращается до сорока метров при уклоне до трех градусов, и до тридцати метров при нулевом и отрицательном уклоне. В случае озер и водохранилищ, «имеющих особо ценное рыбохозяйственное значение (места нереста, нагула, зимовки рыб и других водных биологических ресурсов)», размер защитной полосы не зависит от уклона и составляет двести метров.

Водным кодексом РФ установлено, что «в границах водоохранных зон запрещается:

- 1) использование сточных вод для удобрения почв;
- 2) размещение кладбищ, скотомогильников, мест захоронения отходов производства и потребления, радиоактивных, химических, взрывчатых, токсичных, отравляющих и ядовитых веществ;
- 3) осуществление авиационных мер по борьбе с вредителями и болезнями растений;
- 4) движение и стоянка транспортных средств (кроме специальных транспортных средств), за исключением их движения по дорогам и стоянки на дорогах и в специально оборудованных местах, имеющих твердое покрытие.

Однако в соответствии с главой 6 Водного кодекса в границах водоохранных зон теперь «допускаются проектирование, размещение, строительство, реконструкция, ввод в эксплуатацию, эксплуатация хозяйственных и иных объектов при условии оборудования таких объектов сооружениями, обеспечивающими охрану водных объектов от загрязнения, засорения и истощения вод в соответствии с водным законодательством и законода-

тельством в области охраны окружающей среды». Собственник водного объекта обязан осуществлять меры по предотвращению негативного воздействия вод и ликвидации его последствий. Меры по предотвращению негативного воздействия вод и ликвидации его последствий в отношении водных объектов, находящихся в федеральной собственности, собственности субъектов Российской Федерации, собственности муниципальных образований, осуществляются исполнительными органами государственной власти или органами местного самоуправления.

В границах прибрежных защитных полос дополнительно запрещаются:

- 1) распашка земель;
- 2) размещение отвалов размываемых грунтов;
- 3) выпас сельскохозяйственных животных и организация для них летних лагерей, ванн.

Ответственность за нарушения водного законодательства

В случае нарушения закрепленных законом положений по охране и рациональному использованию водных ресурсов предусмотрено возникновение перед нарушителем юридической ответственности (административной, уголовной, гражданско-правовой (материальной) и иной).

В соответствии с Кодексом РФ об административных нарушениях, на виновных в нарушении водного законодательства должностными лицами уполномоченного государственного органа по управлению и охране водного фонда налагаются штрафы за следующие виды нарушений:

«- самовольный захват водных объектов, самовольное водопользование,

- переуступку права водопользования, а также совершение других сделок, в прямой или скрытой форме нарушающих право государственной собственности на воды;

- загрязнение и засорение вод, нарушение водоохранного режима на водосборах, вызывающее их загрязнение, водную эрозию почв и другие вредные явления;

- ввод в эксплуатацию предприятий, коммунальных и других объектов без сооружений и устройств, предотвращающих загрязнение и засорение вод или их вредное воздействие;

- забор воды с нарушением планов водопользования, самовольное производство гидротехнических работ, бесхозяйственное использование воды (добытой или отведенной из водных объектов), нарушение правил первичного учета количества забираемых из водных объектов и сбрасываемых в них вод и определения качества сбрасываемых вод;

- повреждение водохозяйственных сооружений и устройств, нарушение правил их эксплуатации».

К экологическим преступлениям в сфере охраны водных ресурсов предусматривающим наступление уголовной ответственности Уголовный кодекс РФ относит: «загрязнение, засорение, истощение поверхностных или подземных вод, источников питьевого водоснабжения либо иное изменение их природных свойств».

Уголовная ответственность наступает в случаях причинения существенного вреда, совершению нарушений на особо охраняемых территориях, в зонах экологического бедствия или чрезвычайной экологической ситуации. Так, в соответствии с «Постановлением Пленума Верховного Суда РФ «О практике применения законодательства об ответственности за экологические правонарушения» эксплуатация промышленных, сельскохозяйственных, коммунальных и других объектов с неисправными очистными сооружениями, отключение очистных сооружений и устройств, нарушение правил транспортировки, хранения, использования минеральных удобрений и препаратов, иные действия, повлекшие загрязнение водоемов и водных источников и причинившие существенный вред животному или растительному миру, рыбным запасам, лесному или сельскому хозяйству, должны квалифицироваться по ст. 250 УК РФ. К уголовной ответственности по данной статье могут быть привлечены как должностные лица или лица, выполняющие управленческие функции в коммерческих организациях, так и другие лица». Привлечение к административной или уголовной ответственности не освобождает виновных от обязанности возмещения причиненного вреда, определяемого в соответствии со специальными методиками, а в случае их отсутствия – фактическим затратам на восстановление водных объектов с учетом понесенных убытков, в том числе упущенной выгоды.

Предусмотрены следующие виды административной и уголовной ответственности за нарушение водного законодательства.

За нарушение правил водопользования:

«При заборе воды и при сбросе сточных вод в водные объекты – наложение административного штрафа на граждан в размере от пятисот до одной тысячи рублей; на должностных лиц – от одной тысячи пятисот до двух тысяч рублей; на лиц, осуществляющих предпринимательскую деятельность без образования юридического лица – от одной тысячи пятисот до двух тысяч рублей или административное приостановление деятельности на срок до девяноста суток; на юридических лиц – от десяти тысяч до двадцати тысяч рублей или административное приостановление деятельности на срок до девяноста суток»

«При добыче полезных ископаемых, торфа, сапропеля на водных объектах, а равно при возведении и эксплуатации подводных и надводных сооружений, при осуществлении рыболовства, судоходства, прокладке и эксплуатации нефтепроводов и других продуктопроводов, проведении дноуглубительных, взрывных и иных работ либо при строительстве или эксплуатации дамб, портовых и иных сооружений – наложение административного штрафа на граждан в размере от одной тысячи пятисот до двух тысяч рублей; на должностных лиц – от трех тысяч до четырех тысяч рублей; на юридических лиц – от тридцати тысяч до сорока тысяч рублей».

За нарушение правил эксплуатации водохозяйственных и водоохраных сооружений и устройств:

«предупреждение или наложение административного штрафа на граждан в размере от пятисот до одной тысячи рублей; на должностных лиц – от одной тысячи до двух тысяч рублей; на юридических лиц – от десяти тысяч до двадцати тысяч рублей».

За нарушение правил охраны водных объектов, а именно, «нарушение водоохранного режима на водосборах водных объектов, которое может повлечь загрязнение указанных объектов или другие вредные явления – административный штраф на граждан в размере от пятисот до одной тысячи рублей; на долж-

ностных лиц – от одной тысячи до двух тысяч рублей; на юридических лиц – от десяти тысяч до двадцати тысяч рублей».

«Невыполнение или несвоевременное выполнение обязанностей по приведению водных объектов, их водоохранных зон и прибрежных полос в состояние, пригодное для пользования – наложение административного штрафа на граждан в размере от одной тысячи до одной тысячи пятисот рублей; на должностных лиц – от двух тысяч до трех тысяч рублей; на лиц, осуществляющих предпринимательскую деятельность без образования юридического лица – от двух тысяч до трех тысяч рублей или административное приостановление деятельности на срок до девяноста суток; на юридических лиц – от двадцати тысяч до тридцати тысяч рублей или административное приостановление деятельности на срок до девяноста суток».

«Незаконная добыча песка, гравия, глины и иных общераспространенных полезных ископаемых, торфа, сапропеля на водных объектах, осуществление молевого сплава древесины либо нарушение установленного порядка очистки водных объектов от затонувшей древесины и наносов – наложение административного штрафа на граждан в размере от одной тысячи до одной тысячи пятисот рублей; на должностных лиц – от двух тысяч до трех тысяч рублей; на юридических лиц – от двадцати тысяч до тридцати тысяч рублей».

«Нарушение требований к охране водных объектов, которое может повлечь их загрязнение, засорение и (или) истощение – наложение административного штрафа на граждан в размере от одной тысячи пятисот до двух тысяч рублей; на должностных лиц – от трех тысяч до четырех тысяч рублей; на юридических лиц – от тридцати тысяч до сорока тысяч рублей».

«Загрязнение ледников, снежников или ледяного покрова водных объектов либо загрязнение водных объектов, содержащих природные лечебные ресурсы или отнесенных к особо охраняемым водным объектам, местам туризма, спорта и массового отдыха, отходами производства и потребления и (или) вредными веществами, а равно захоронение вредных веществ (материалов) в водных объектах – наложение административного штрафа на граждан в размере от двух тысяч до двух тысяч пятисот рублей; на должностных лиц – от четырех тысяч до пяти ты-

сяч рублей; на юридических лиц – от сорока тысяч до пятидесяти тысяч рублей».

Уголовный кодекс РФ предусматривает следующие виды ответственности за экологические преступления, связанные с загрязнением вод (ст. 250):

1. Загрязнение, засорение, истощение поверхностных или подземных вод, источников питьевого водоснабжения либо иное изменение их природных свойств, если эти деяния повлекли причинение существенного вреда животному или растительному миру, рыбным запасам, лесному или сельскому хозяйству – наказываются штрафом в размере до восьмидесяти тысяч рублей или в размере заработной платы или иного дохода осужденного за период до шести месяцев, либо обязательными работами на срок от ста двадцати до ста восьмидесяти часов, либо лишением права занимать определенные должности или заниматься определенной деятельностью на срок до пяти лет, либо исправительными работами на срок до одного года, либо арестом на срок до трех месяцев.

2. Те же деяния, повлекшие причинение вреда здоровью человека или массовую гибель животных, а равно совершенные на территории заповедника или заказника либо в зоне экологического бедствия или в зоне чрезвычайной экологической ситуации, наказываются штрафом в размере до двухсот тысяч рублей или в размере заработной платы или иного дохода осужденного за период до восемнадцати месяцев, либо обязательными работами на срок от ста восьмидесяти до двухсот сорока часов, либо исправительными работами на срок от одного года до двух лет, либо лишением свободы на срок до двух лет.

3. Деяния, предусмотренные частями первой или второй настоящей статьи, повлекшие по неосторожности смерть человека, наказываются лишением свободы на срок до пяти лет.

Как видно из изложенных выше основных аспектов природоохранного, и в частности, водного законодательства, последнее является действенным способом охраны и рационального использования водных ресурсов РФ. Однако эффективная работа в этом направлении невозможна без использования технических решений, связанных с этой проблемой.

Технологические аспекты

Как отмечено ранее, поверхностные пресноводные экосистемы определяющие, главным образом, экологическую и экономическую безопасность человека, страдают, в первую очередь, от воздействия собственно антропогенного фактора в различных его проявлениях. Можно выделить следующие приоритетные составляющие антропогенного фактора, ведущие к негативным изменениям в водных экосистемах (ухудшению качества вод, снижению продуктивности, сокращению видового разнообразия, истощению водных ресурсов и т.п.), а именно:

- сброс в водоемы сточных вод предприятий жилищно-хозяйственного и промышленного комплексов,
- загрязнение водоемов в результате сельскохозяйственной деятельности,
- природопреобразующая деятельность и эксплуатация биоресурсов,
- использование водоемов и их прибрежных зон для отдыха населения.

Исходя из этого, выделим следующие группы методов охраны и рационального использования водных ресурсов, обеспечивающих экологическую безопасность.

Очистка сточных вод и сокращение водопотребления

Производство и быт предполагают использование человеком пресной воды. До настоящего времени экономически было обусловлено создание технологических процессов образующих сточные воды, содержащие различные соединения, представляющие опасность для водоемов. В связи с этим были разработаны технологические процессы обработки сточных вод с целью извлечения из них вредных примесей и последующим сбросом в водоемы.

Хозяйственно-бытовые сточные воды

Эти сточные воды, объем которых постоянно увеличивается в связи с ростом численности населения, образуются после использования воды человеком для удовлетворения своих физиологических и бытовых нужд, в связи с чем населенные пункты являются их основным источником. Средний суточный рас-

ход воды в городских условиях составляет в среднем 750 литров на человека и включает объем воды расходуемый человеком для питья, приготовления пищи, личной гигиены, использования в сантехнических приборах и коммунальных нужд. Практически вся эта вода по использованию поступает в городскую канализацию. Как правило, она содержит фекалии с патогенными микроорганизмами, механические примеси различной природы и размера, тонкодисперсные взвешенные вещества, большое количество (около 60%) органики (в том числе, «бытовую химию»), тяжелые металлы и т.д. Помимо этого с ливневыми стоками в канализацию попадает талая и дождевая воды, песок и химикаты, используемые для обработки тротуаров и дорог в зимнее время. Для предотвращения загрязнения пресноводных водоемов, а также извлечения из сточных вод ценных компонентов, производится их очистка (обработка с целью разрушения или удаления вредных веществ).

В большинстве случаев существующие схемы очистки таких стоков состоят из комбинации очистных устройств, действие которых основано на различных принципах. Обычно такая схема на начальном этапе состоит из аппаратов, где сточные воды процеживаются через различные механические устройства (решетки, решетки-дробилки, волокуноуловители и т.п.), позволяющее извлечь крупные примеси, после чего в песколовках из них удаляются крупные взвеси с высокой плотностью.

Далее в технологии очистки используют процесс естественного осаждения взвешенных веществ (отстаивание), для чего воду направляют в первичные отстойники различной формы (с прямолинейным или круговым движением воды), где малая скорость движения потока и небольшая высота водного слоя создают условия для эффективного осаждения примесей на дно отстойника, откуда они удаляются скребком. Следующим этапом очистки является разложение органики микроорганизмами, содержащимися в так называемом «активном иле», и частичном ее окислении кислородом. Для этого воду подают в бетонный бассейн (аэротенк), где за счет непрерывной продувки воздухом происходит ее перемешивание с активным илом. Следует отметить, что при такой обработке помимо разложения органики происходит удаление из воды различных примесей, например

тяжелых металлов, за счет сорбции их на активном иле. Образующийся избыток последнего выводится из процесса и отправляется на регенерацию и иловые площадки. На этом этапе происходит выделение значительного количества биогаза (метан), который можно использовать. Далее очищенную воду для удаления взвешенных веществ подают на вторичный отстойник, после чего ее фильтруют для очистки от тонкодисперсных взвесей на фильтрах с зернистой загрузкой, где в качестве фильтрующего материала используют кварцевый песок, металлургический шлак, гравий, доломит, уголь, керамзит, пенополиуретан и т.п. Отфильтрованная вода обеззараживается (например, хлорируется) и после контроля сбрасывается в водоем или реку. Так в общем виде выглядит технологический процесс очистки хозяйственно-бытовых сточных вод. В некоторых случаях очищенную воду сбрасывают в так называемые биопруды, где используется естественная способность водоемов к самоочищению. Эффективность такого процесса очистки достаточно высока (снижение БПК от исходного на 85-90 %), что позволяет сбрасывать очищенную воду в водоемы.

Использование образующегося избытка активного ила в сельском хозяйстве требует санитарного контроля, а условия хранения на иловой площадке – исключения попадания образующегося фильтрата в почву и поверхностные воды.

Тем не менее, следует отметить, что попадание в хозяйственно-бытовую канализацию соединений или сточных вод (как правило, это сточные воды промышленных предприятий, ливневые стоки и т.п.), приводящих к ухудшению условий для микроорганизмов активного ила, а то и к их гибели, ухудшает показатели очистки. В связи с этим существуют ограничения на сброс этих стоков в канализацию, предназначенную для приема хозяйственно-бытовых сточных вод.

Важнейшими направлениями работы по охране водных ресурсов и предотвращения загрязнения водоемов хозяйственными стоками являются не только совершенствование технологии очистки и обезвреживания образующихся стоков, но и сокращение водопотребления на хозяйственные нужды. В первую очередь это рациональное использование воды в быту, которое позволяет не только сократить водозабор, но и снизить нагрузку на очи-

стные сооружения. Строительные нормы и правила, разработанные для проектирования систем водоснабжения и водоотведения различных потребителей, содержат усредненные показатели, которые могут быть существенно снижены при рациональном использовании воды (СНиП 2.04.01-85). Такой же подход осуществляется в ЖКХ при установлении системы оплаты за воду по нормативу потребления. Именно поэтому, установка водомерных счетчиков позволяет существенно сократить расходы на оплату водопотребления и водоотведения. Так в домах с централизованным горячим водоснабжением, оборудованных ваннами длиной до 1700 мм и душами, норматив расхода воды в сутки на одного человека в среднем составляет 250 литров, а в домах высотой свыше 12 этажей с централизованным горячим водоснабжением и повышенными требованиями к их благоустройству – 360 литров. Однако, рациональное использование воды не только снижает расходы на этот ресурс, но основной эффект в этом случае имеет водоохраный характер, поскольку сокращает объем использованной воды с одной стороны, и одновременно уменьшает количество образующихся сточных вод. Последнее не только снижает нагрузку на очистные сооружения, которые зачастую перегружены и не обеспечивают требуемую степень очистки, но и снижает нагрузку на водную среду, позволяя ей в большей степени реализовать очищающую способность. Следует отметить, что работа в этом направлении практически не требует материальных затрат, но позволяет получить значительный экономический и экологический эффект.

Промышленные сточные воды

Состав сточных вод, образующихся на промышленных предприятиях, характеризуется широким разнообразием и зависит от технологического процесса.

Одним из основных поставщиков сточных вод являются предприятия по добыче полезных ископаемых, где вода может использоваться в технологическом процессе, а также при вскрытии подземных горизонтов образуются шахтные и карьерные воды. Естественно, что помимо взвешенных веществ эти воды содержат компоненты добываемого сырья и вмещающих пород. Минерализация таких вод может колебаться на уровне граммов

на литр, а содержание отдельных компонентов изменяться от сотых долей до нескольких сот миллиграммов на литр, причем зачастую это ценные компоненты. Серьезной проблемой, связанной с этим типов вод, является то, что места добычи зачастую удалены от основных производств, а количество образующихся вод избыточно по отношению к потребностям производства.

В сточных водах обогатительных и металлургических предприятий помимо взвешенных веществ (сточные воды ливневой канализации с территории предприятия) содержатся элементы, извлекаемые из рудного сырья, реагенты, используемые в технологии и т.п.

Предприятия химического комплекса также являются поставщиком сточных вод, которые содержат, в зависимости от специфики используемой технологии, органические и неорганические соединения различной природы.

Сточные воды машиностроительных предприятий содержат масла, смазочно-охлаждающие жидкости, соединения, используемые для нанесения антикоррозионных покрытий и т.п.

Пищевые производства в своих стоках, как правило, содержат различные вещества органического происхождения, в том числе жиры, белки, аминокислоты и т.п. в различных агрегатных состояниях.

Особую группу представляют предприятия энергетического комплекса, которые используют воду поверхностных источников для охлаждения и конденсации отработанного пара, что в итоге приводит к тепловому загрязнению водоемов со всеми вытекающими отсюда последствиями.

Кроме того, в процессе водоподготовки на этих предприятиях образуется определенное количество сильнозасоленных вод.

Основной задачей при очистке промышленных стоков является извлечение ценных и токсичных компонентов и доведение их состава до уровня, допускающего сброс в водоемы. Для этого используют различные методы, которые объединяются в технологические цепочки, состав которых определяется природой обрабатываемых стоков. Следует отметить, что в результате очистки, как правило, образуются отходы, которые не всегда

удается утилизировать, и они требуют последующей обработки или захоронения.

Технологии очистки базируются на использовании различных химических, физико-химических и физических процессов, среди которых процессы отстаивания, фильтрации и механического выделения из растворов твердой фазы. Для фильтрации помимо ранее упомянутых фильтров с зернистой загрузкой используют аппараты с фильтровальными тканями, микрофильтры, электромагнитные фильтры, а для увеличения скорости осаждения твердых примесей из растворов применяют аппаратуру, где используют центробежную силу (различные типы циклонов).

Широкое применение в технологии очистки нашли реагентные методы, основанные на том, что в обрабатываемый раствор вводят реагент, который образует с удаляемыми компонентами раствора нерастворимые соединения. Последние легко извлекаются из обработанных таким образом стоков вышеперечисленными методами. Реагентный метод позволяет также извлекать из стоков малые количества таких загрязнителей, как тяжелые металлы, которые в силу малой концентрации не могут образовать собственную твердую фазу, но соосаждаются или сорбируются на осадке, формирующемся из компонентов реагента (например, гидроокиси алюминия и железа, образующиеся при введении в раствор сульфатов этих элементов). Реагентный метод позволяет также за счет химической реакции перевести токсичное соединение, содержащееся в сточных водах в нетоксичное. Так обработка цианосодержащих стоков таким окислителем, как гипохлорит натрия, позволяет в итоге перевести цианиды в нетоксичные соединения.

Для обработки кислых и щелочных стоков используют метод нейтрализации. На практике для этого часто применяют смешение кислых и щелочных стоков, образующихся на разных участках производства.

Процесс флотации (в различных его исполнениях) применяется для извлечения из растворов веществ, обладающих поверхностно-активными свойствами (нефтепродукты, моющие средства, белки и т.п.). Следует отметить, что в пенный продукт из раствора могут извлекаться и взвешенные вещества.

Различные процессы используют для извлечения из растворов примесей, находящихся в малых концентрациях. К таким процессам относится сорбция на различных сорбентах, в том числе на активированном угле, который находит здесь все более широкое применение. В частности, он используется и в бытовых фильтрах для очистки питьевой воды. Ионный обмен, как правило, используют при извлечении из растворов ценных компонентов, таких как цветные металлы. Для этого используют различные виды ионообменных смол. Этот метод позволяет не только извлечь металлы из обрабатываемых растворов, но и сконцентрировать их в малом объеме элюата.

Широкое применение находят электрохимические методы обработки сточных вод. Так метод электрокоагуляции позволяет за счет электрохимического растворения материала анода вводить реагент для последующего осаждения примесей с образующимся осадком. При этом не увеличивается солесодержание раствора.

Среди технологических процессов, используемых при очистке сточных вод, следует отметить также процессы ультра и микрофильтрации и обратного осмоса.

Из этого краткого перечня технологических процессов следует, что в настоящее время у человека существуют технологические возможности для предотвращения загрязнения водного бассейна. Справедливости ради необходимо сказать, что иногда соображения экономического свойства препятствуют внедрению в практику тех или иных технологий. В качестве примера можно привести процесс выпаривания, позволяющий получить после выпарки чистую (дистиллированную) воду, но это возможно только при низкой стоимости тепловой энергии.

В значительной мере к промышленности относятся и вопросы рационального использования воды, что достигается как сокращением сбросов, так и снижением водопотребления. Здесь следует выделить следующие направления.

Предотвращение смешения сточных вод разных типов позволяющее эффективно обрабатывать их вблизи источника образования. В первую очередь это относится к промышленным и бытовым стокам.

Поскольку требования к качеству технологической воды в производственных процессах позволяют после обработки вернуть ее в производственный цикл, то создание систем оборотного водоснабжения позволяет резко сократить забор свежей воды, идущей в таком случае только на компенсацию потерь из системы (испарение, протечки и т.п.). Этот же вариант используют в том случае, когда существующие технологии очистки не позволяют достичь качества воды допускающего ее сброс в водоем.

Важным направлением для охраны водных ресурсов является разработка безводных производственных технологий, позволяющая не только исключить забор свежей воды на производственные нужды, но и избавиться от сточных вод.

Кратко рассмотренные выше инженерные методы предотвращения загрязнения водного бассейна с сопутствующими мероприятиями организационного характера позволяют при их правильном использовании существенно снизить сброс загрязнителей в водоемы. Однако все решения здесь находятся в ведении предприятий и контролирующих организаций.

Другим направлением охраны поверхностных вод от загрязнения является осуществление мероприятий экологического характера, позволяющих не только снизить антропогенную нагрузку на водоемы, но и способствовать их самовосстановлению. И важным моментом здесь является то обстоятельство, что в этой работе могут принимать участие все группы населения.

Мероприятия экологического характера

Поскольку экосистема водоема неразрывно связана с вмещающей ее средой, то это обстоятельство необходимо учитывать при оценке воздействующих на водоем факторов, а, следовательно, и при планировании мероприятий. С этих позиций последние можно разделить на две группы. Одна связана непосредственно с водоемом, а другая – с прилегающей к нему территорией.

К мероприятиям первой группы относится очистка донных отложений от загрязнений. Трудоемкое и дорогостоящее мероприятие. Осуществляется после проведения исследований по определению мощности донных отложений, их качества и качества воды на предмет загрязнения, после чего с учетом ха-

рактистик самого водоема принимается решение о необходимости проведения работ по очистке его дна. Это способствует восстановлению способности водоема к самоочищению. Для восстановления численности популяций рыб проводят выпуск в водоем мальков тех видов, численность которых резко сократилась или вид исчез полностью.

Состояние прилегающей к водоему территории является существенным фактором, влияющим на качество воды и благополучие биоценоза. В этой связи необходимо, в соответствии с рекомендациями специалистов, проведение работ по реабилитации береговой зоны, ее планировке, озеленению и благоустройству. Это особенно важно при высокой рекреационной нагрузке на водоемы, которая в ряде случаев может быть ограничена. В работах такого характера вполне может участвовать население. Так очистка береговой линии от загрязнений такого типа как бутылки, банки, осколки стекла и т.п. позволит не только улучшить его состояние, но и сократить травматизм при купании. И это работа не требует больших материальных затрат. Сюда же следует отнести установку аншлагов с разъяснением правил нахождения в водоохраной зоне и ответственностью за их нарушение, а также организацию патрулей (с представителями администрации или полиции), особенно в период активного посещения водоемов отдыхающими. Конечно, при этом администрации следует организовать автостоянку, а также сбор и вывоз образующихся отходов. Контроль за выпасом сельскохозяйственных животных, мытьем в водоеме автотранспорта, сбросом стоков из отстойников животноводческих предприятий и т.п. также не требует существенных затрат и позволяет участвовать в такой работе широкому кругу населения. Совершенно необходимой при этом является проведение разъяснительной работы с людьми.

С целью получения максимального эффекта от работ по охране водоемов и их реабилитации необходима разработка комплексной программы учитывающей все действующие факторы. Эта работа проводится с привлечением специалистов и осуществляется на основании предварительного анализа ситуации.

Вопросы для самоконтроля

1. Какой законодательный акт определяет общие положения государственной политики в области охраны окружающей среды?
2. Как закон предусматривает организацию и развитие системы экологического образования и воспитания?
3. Какие обязательства накладывает на граждан природоохранное законодательство?
4. Что такое береговая полоса и водоохранные зоны водоема и каков характер их использования?
5. Какие нарушения водного законодательства подлежат наказанию в административном порядке?
6. В каких случаях нарушений природоохранного законодательства наступает уголовная ответственность?
7. Опишите технологию очистки хозяйственных сточных вод.
8. Каковы основные направления технологии очистки и использования производственных сточных вод?
9. Опишите мероприятия по охране водных экосистем не связанные с очисткой и переработкой сточных вод.

6. ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ И ИХ ОСОБЕННОСТИ

Территория Свердловской области составляет 194,5 тысячи кв. км и включает центральную и северную часть Уральской горной страны, а также восточную часть Восточно-Европейской и западную Западно-Сибирской равнин. Уральские горы, протянувшиеся с Севера на Юг на две тысячи километров, служат водоразделом, где берет свое начало основная масса рек. Всего по территории области протекает 18 414 рек общей протяжённостью свыше 68 тыс. км, из них 17 370 рек длиной до 10 км общей протяжённостью 34 тыс. км; 1027 рек длиной от 10 до 200 км общей протяжённостью 8,15 тыс. км.

Реки, берущие свое начало на восточном склоне гор, это Тавда, Тура, Пышма и Исеть и их притоки относятся к бассейну Оби. Западный склон Урала дает начало Чусовой, Сылве и Уфе с притоками и относятся они к Волжскому бассейну. Течение рек, берущих начало на Восточном склоне Уральских гор, носит спокойный характер. В меньшей степени это относится к рекам Западного склона. Снеговые запасы служат основным источником питания рек, тогда как грунтовые и дождевые воды определяют его в меньшей степени. Таким образом, гидрометеорологические условия определяют водность рек области, а, следовательно, и запасы пресной воды в поверхностных источниках. В связи с этим поверхностный сток рек области может колебаться от 15 до 30 куб. км/год.

Сток значительного количества рек зарегулирован. В области, особенно в горной ее части (т.е. в верховьях рек), имеется свыше четырехсот прудов, т.к. наличие в регионе богатых месторождений полезных ископаемых, и в первую очередь, черных и цветных металлов, угля, нефти и т.д. заложило более трехсот лет назад основу его промышленного развития, что и обусловило зарегулирование стока созданием прудов для обеспечения водой промышленных предприятий и населения прилегающих городов и поселков.

Озера (а их несколько тысяч) имеют меньший удельный вес в балансе поверхностных пресных вод области.

Важной особенностью региона является то, что его водные ресурсы неравномерно распределены по территории, а именно, на бассейны рек Исеть и Пышма приходится 5% речного стока области, тогда как здесь сосредоточено 33% населения и значительная доля промышленного потенциала. В то же время в бассейне р. Тавды (53% речного стока) проживает 3% населения. Естественно, что максимальная антропогенная нагрузка приходится на те водоемы, где сосредоточена основная масса населения и промышленности. Это же обстоятельство обуславливает и то, что, несмотря на положительный в целом водохозяйственный баланс по области, при низких значениях минимального стока существует дефицит водных ресурсов в районах расположения крупных промышленных центров, таких как Екатеринбург, Нижний Тагил, Первоуральск и т.п. Для его покрытия в последние годы созданы крупные водохранилища, такие как Волчихинское, Верхнемакаровское, Князепетровское, а также Белоярское и Рефтинское, вода которых используется в качестве охладителя на крупных энергетических предприятиях (Белоярская АЭС и Рефтинская ГРЭС).

Всего в Свердловской области находится в эксплуатации 129 водохранилищ, запасы воды в которых оцениваются в 2,26 куб. км.

Для нужд населения, промышленности и сельского хозяйства забор воды производится преимущественно из поверхностных источников с зарегулированным стоком (около 70%) и составляет порядка 1 000 млн. м. куб. в год. Используются также подземные воды, объем которых около 460 млн. м. куб. в год. Таким образом, в области общий забор воды из природных источников приближается к 1 500 млн. м. куб. в год. Цифры эти колеблются в зависимости от того, как работают предприятия, какова водохозяйственная обстановка в области и насколько экономно расходуется вода во всех сферах пользования. Вполне понятно, что все эти объемы воды (за исключением потерь, которые только при транспортировке составляют порядка 110 млн. м. куб./год, т.е. более 7% от объема водозабора) после использования сбрасываются в водные объекты и служат источником загрязнения рек Чусовой, Уфы, Исети, Пышмы, Туры и Тавды.

Сброс загрязненных сточных вод (порядка 800 млн. м. куб./год) в общем объеме сбросов составляет порядка 70%. Объем стоков, очищенных до нормативов и нормативно-чистых (т.е. не требующих очистки) находится на уровне 300-350 млн. м. куб./год. В последние годы в силу разных причин в области наблюдается сокращение объемов водоотведения в поверхностные водные объекты.

Вопросы для самоконтроля

1. Какова специфика водных ресурсов Свердловской области?
2. Что служит основным источником питания рек Свердловской области?
3. Охарактеризуйте характер распределения водных ресурсов по территории Свердловской области.
4. Какие основные источники используются в области для промышленного и питьевого водоснабжения?

7. КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТНЫХ ПРЕСНЫХ ВОД СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

При оценке качества воды, как отмечалось выше, используют органолептические показатели, предельно допустимые концентрации вредных веществ и основанные на них критерии (индекс загрязнения воды, процент проб воды дающих превышение ПДК, кратность превышения ПДК и др.). «Центр экологического мониторинга и контроля» при Правительстве Свердловской области ведет систематический контроль над качеством поверхностных вод основных источников. Контроль осуществляется в 82 створах государственной сети наблюдения на территории Свердловской области по приоритетным показателям, обязательным для всех рек. К таким показателям относятся: растворенный кислород, медь, марганец, железо, цинк, органические вещества (по БПК₅ и ХПК), нефтепродукты, нитриты, нитраты, ионы аммония, никель, хлориды, сульфаты, фенолы. Помимо этого в ряде случаев определяют дополнительно фосфаты, шестивалентный хром, фториды и в отдельных случаях – сероводород.

При оценке качества вод следует учитывать то обстоятельство, что химический состав последних формируется, в первую очередь, под влиянием таких естественных факторов, как подстилающие горные породы, почвы, формирующие поверхностный сток, живые организмы, климат, водный режим, рельеф, растительность и т.д. Этим объясняется повышенные фоновые содержания меди, цинка, марганца (как наиболее подвижных микроэлементов), железа, органических и взвешенных веществ в верховьях некоторых рек Свердловской области, причем концентрации железа, меди, цинка и марганца, как правило, превышают ПДК. В дальнейшем качество вод в значительной мере определяется сбросом промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод. Вносят сюда свой вклад и дождевые стоки с отвалов, свалок и шламохранилищ, расположенных в непосредственной близости от водных объектов и неорганизованный сток с городских и других селитебных территорий, промплощадок и сельскохозяйственных объектов. Отрегулированность стока также оказывает влияние на состав воды, поскольку в прудах

и водохранилищах из-за малой скорости водотока создаются условия для осаждения взвешенных веществ, которые, накапливаясь в донных отложениях, могут служить источником вторичного загрязнения.

Таким образом, суммарное воздействие перечисленных выше факторов и определяет качество поверхностных пресных вод региона. Ежегодно публикуемые результаты осуществляемого государственного контроля (Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Свердловской области в 2012 году») показывают, что в большинстве поверхностных водных источников Свердловской области качество воды не отвечает нормативам. Так «наиболее распространенными загрязняющими веществами в водных объектах Свердловской области являются соединения меди, марганца, цинка, железа, легко окисляемые и трудно окисляемые органические вещества (по показателям БПК₅ и ХПК), азот нитритов, нефтепродукты. В ряде случаев наблюдается дефицит растворенного в воде кислорода, повышенное содержание сульфатов, азота аммония, фосфатов (по фосфору) и фенолов, в единичных случаях наблюдалось повышенное содержание никеля и фторидов». Качество воды в малых реках области, преобладающих в количественном отношении, не является исключением, что обусловлено нахождением значительного их количества в районах расположения крупных промышленных предприятий поставляющих загрязняющие вещества в водоемы как со сточными водами, так и поверхностным стоком. Ситуация усугубляется и тем, что малые реки имеют низкую разбавляющую способность, а в некоторых случаях объемы сбрасываемых сточных вод превышают расход воды в реке. Это влияет на самоочищающую способность водоема со всеми вытекающими отсюда последствиями.

По результатам контроля за последние 3-4 года не менее двух третей анализов относит воду к категориям «грязная» и «очень загрязненная». В единичных створах (от 2 до 4) качество воды соответствовало «высокому» и «экстремально высокому загрязнению». Как правило, высокие и экстремально высокие уровни загрязнения воды отмечаются в створах, расположенных ниже крупных промышленных городов по течению рек, таких как Екатеринбург (р. Исеть), Верхняя Пышма и Березовский (р.

Пышма), Нижний Тагил (р. Тагил), Новая Ляля (р. Ляля) и др. Кратность превышения ПДК в этих случаях может достигать десятков и сотен раз. Так в 2011 году в пробах воды из р. Исеть, отобранных в створе 7 км ниже г. Екатеринбурга, отмечены случаи содержания взвешенных веществ на уровне 300 мг/л, фосфатов на уровне 13 ПДК, азот нитритов 58 ПДК, нефтепродуктов 34 ПДК, органических веществ (по ХПК) 20 ПДК, а запаха проб воды оценивался в 5 баллов.

Такие показатели обуславливались преимущественно взвешенными веществами, марганцем, азотом нитритов, фенолом, медью, цинком, никелем, фосфатами, азотом аммония, органическими веществами (по ХПК), нефтепродуктами и дефицитом растворенного в воде кислорода.

Хотя за последние пять лет отмечено улучшение качества воды водных объектов в основных реках и озерах, используемых населением и промышленностью Свердловской области, оно не соответствует нормативам практически во всех створах контроля.

Река Исеть берет начало из Исетского озера, находящегося вблизи г. Среднеуральска. При общей длине реки 606 км и площади водосбора 58 900 км.кв. протяженность ее русла по Свердловской области составляет 191 км., где, начиная с истока, расположены девять створов контроля качества воды. Зарегулированность стока реки в верхнем течении, сбросы промышленных и хозяйственных сточных вод и поверхностный сток с загрязненной площади водосбора обусловили низкое качество воды, начиная с Исетского озера, в котором вода относилась к категории «грязная» по таким загрязнителям, как общее железо, азот нитритов, органические вещества (ХПК и БПК₅) и медь, по которым отмечено двух-семикратное превышение среднегодовых концентраций, а по марганцу – в 16 раз. Схожая картина наблюдается и на притоках Исети (реки Решетка, Сысерть, Патрушиха).

Существенных изменений качества воды в р. Исеть в последнее время не происходит, и преимущественно она относится к «грязной», но особенно неблагоприятная ситуация фиксируется ниже Екатеринбурга на участке реки, являющемся в течение многих лет наиболее загрязненным на территории области, где

вода характеризуется как «экстремально грязная» и «очень грязная».

Необходимо отметить то, что р. Исеть переносит загрязняющие вещества, источником которых служит промышленность, население и сельское хозяйство Свердловской области, на территорию другого субъекта РФ (Курганской области), что необходимо учитывать при эксплуатации водных ресурсов, оценке экологической ситуации и планировании мероприятий.

Река Пышма (крупный приток реки Тура) берет начало из озера Ключи вблизи г. Верхняя Пышма. При общей протяженности реки 603 км на территории Свердловской области приходится 420 км, на которых установлено 11 створов государственной наблюдательной сети. Площадь водосбора на территории области составляет 19 700 кв. км. Уже с верховий р. Пышма является одним из самых загрязненных водотоков области, где качество воды соответствовало «экстремально грязной» по таким критическим показателям, как марганец, никель, нитриты, растворенный кислород. Так в последнее время в створе выше г. Березовский среднегодовое содержание никеля соответствовало 4 ПДК при максимальном 11, в 83% отобранных в течение года проб воды. Среднегодовое содержание марганца соответствовало 58 ПДК (при максимальном 230), и в половине отобранных в течение года проб содержание растворенного кислорода находилось в пределах от 2 до 3 мг/л при норме 4 мг/л. Ниже по течению в связи с отсутствием крупных источников загрязнения качество воды за счет разбавления и самоочищения значительно улучшалось (особенно по биогенным загрязнителям), и в Белоярском водохранилище оно определялось как «очень грязная» при отсутствии критических показателей загрязнения.

Следует отметить, что Белоярское водохранилище служит водоемом-охладителем для Белоярской АЭС, в связи с чем оно подвержено незначительному радиоактивному загрязнению.

Далее по течению вплоть до границы с Тюменской областью качество воды в реке преимущественно соответствовало «грязной» при практическом отсутствии критических показателей загрязнения (в редких случаях медь, марганец, нитриты) и в последние годы существенно не меняется.

Река Тура крупный приток Тобола. Берет начало в результате слияния нескольких ключей на восточном склоне Уральских гор. Протекает по территориям Свердловской и Тюменской областей. Протяженность реки составляет 1 030 км с площадью водосбора 80 400 км².

Результаты анализа проб воды, отобранных в семи створах государственной наблюдательной сети показывают, что качество воды в реке, начиная с верховий, в значительной мере определяется ее крупными притоками, такими как реки Салда, Тагил, Ница, подверженными антропогенному влиянию расположенных на них промышленных городов Кушва, Верхняя Тура, Лесной, Нижняя Тура, Качканар, Верхотурье, Ирбит. В нижнем течении р. Туры свой вклад в формирование качества воды вносят загрязненные воды р. Пышма. Качество воды указанных притоков в последнее время находилось в пределах от «грязная» до «очень грязная» и в редких случаях «загрязненная» с такими критическими показателями загрязнения, как железо общее, медь, цинк, марганец. В зимний период (январь-март) в р. Тура отмечен дефицит растворенного в воде кислорода, что объясняется природной особенностью реки, а именно, большой толщиной льда и промерзанием воды у берегов, ведущим к сужению русла. В этот период содержание кислорода может находиться в пределах 0,9-2,0 мг/л (при норме 4 мг/л), что соответствует экстремально высокому загрязнению.

В створах р. Тагил, расположенных ниже городов Верхний и Нижний Тагил в качестве критического показателя выступает азот нитритов. В р. Салда отмечено превышение над ПДК среднегодовых концентраций по меди в 20 раз, марганцу в 35 раз, цинку в 4 и железу общему в 6 раз при максимальных значениях 33 и 130 ПДК по меди и марганцу. В реку Ница поступают загрязненные воды ее притоков (р. Нейва, Реж, Синячиха, Ирбит), в которые поступают промышленные и хозяйственные сточные воды населенных пунктов, расположенных на этих реках. Это формирует качество воды в р. Ница от «грязной» до «очень грязной». В некоторых случаях вода «экстремально грязная». Критические показатели загрязнения определяются медью, цинком, марганцем и азотом нитритов.

В последние годы качество воды в р. Тура на территории Свердловской области в основном соответствовало таким показателям как «вода грязная», и «вода очень грязная».

Река Тавда. Образуется слиянием рек Лозьва и Сосьва и является единственной судоходной рекой области. Протекает по территориям Свердловской и Тюменской областей, длина реки составляет 719 км при площади водосбора 88 100 км². На реке существует два створа государственной наблюдательной сети.

Как и в других случаях, качество воды реки Тавда формируется качеством вод рек Лозьва и Сосьва и их притоками.

Так на качество воды р. Сосьва оказывают влияние воды ее притоков (р. Варган, Турья, Каква и Ляля), загрязненные промышленными и хозяйственными стоками населенных пунктов, расположенных по течению этих рек (г. Североуральск, Серов, Новая Ляля, Краснотурьинск, п. Лобва). Качество воды притоков выше населенных пунктов соответствовало «очень загрязненная», а ниже – «грязная» с критическими показателями по марганцу или фенолам. Следует отметить, что качество воды в верхнем течении притоков р. Сосьва и их нижнем течении, несмотря на сбросы сточных вод, по большинству показателей принципиально не меняется, что свидетельствует о достаточном разбавлении и реализации самоочищающей способности рек.

Качество воды в реке Лозьва характеризовалось от «загрязненной» до «очень загрязненной».

В створе р. Тавда на границе области в последние годы вода характеризовалась как «грязная» с критическими показателями загрязнения по марганцу и общему железу.

Река Чусовая. Начало реке дает озеро Большое Чусовское, расположенное в Челябинской области на восточном склоне Среднего Урала. Крупный приток р. Камы (впадает в Камское водохранилище) длиной 592 км с площадью водосбора 23 000 км². Протяженность реки по территории Свердловской области ориентировочно 377 км, где расположены восемь створов государственной наблюдательной сети.

Качество воды в реке Чусовой определяется тем (и это сложилось исторически), что в ее верхнем течении и на притоках расположены промышленные города и рабочие поселки, сбрасывающие промышленные и хозяйственные сточные воды

(Полевской, Первоуральск, Ревда, Староуткинск). И если в верховьях реки при отсутствии антропогенной нагрузки вода характеризовалась как «грязная» с критическим показателем загрязнения по марганцу, то далее по течению в результате сброса сточных вод промышленными предприятиями и коммунальными службами в воде появляются железо, нефтепродукты, фториды, шестивалентный хром и органика, что определяет качество воды как «грязная» и «очень грязная». Среднегодовые превышения ПДК для критических показателей загрязнения составили в этом случае по меди и марганцу в 15 раз, цинку в 2,5 раза, ХПК в 1,5 раза, азоту нитритов 2,7 раза и нефтепродуктам в 1,3 раза. Далее по течению идет улучшение качества воды и на границе свердловской области оно соответствует «очень загрязненной» с отсутствием критических показателей загрязнения. Необходимо отметить сохраняющуюся тенденцию улучшения качества воды в бассейне р. Чусовой на территории Свердловской области.

Особенностью бассейна является наличие Волчихинского водохранилища, расположенного на р. Чусовая выше г. Первоуральска и предназначенного для водоснабжения г. Екатеринбурга. Результаты контроля показывают, что качество воды в нем меняется в пределах от «очень загрязненной» до «грязной», а критическим показателем загрязнения, как и во всем бассейне р. Чусовая, является марганец. В последнее время среднегодовые концентрации металлов в воде водохранилища составляли по марганцу 16,3 ПДК, меди 47 ПДК и общему железу 1,5 ПДК.

Река Уфа. Берет свое начало в Челябинской области и является притоком р. Белой, впадающей в р. Каму. Общая протяженность реки 918 км с площадью водосбора 53 100 км². В своем верхнем течении Уфа протекает по юго-западной части Свердловской области, граничащей с Башкортостаном. На этом участке реки установлены три створа государственной наблюдательной сети. В бассейне р. Уфа на территории области находятся такие населенные пункты, как Нижние Сергии, Михайловск, Красноуфимск и др. оказывающие влияние на качество воды.

Максимально на качестве воды сказываются стоки Красноуфимска.

В 2010-2011 гг. качество воды в реке Уфа в створах в черте г. Михайловска, выше и ниже г. Красноуфимска соответствовало «очень загрязненной» при отсутствии критических показателей загрязнения. Среднегодовые концентрации загрязняющих веществ в черте г. Михайловска превышали нормативы по таким показателям, как соединения цинка (1,1 ПДК), меди (3,4 ПДК), марганца (2,8 ПДК), фенолы (1,4 ПДК) и азот нитритов (1,4 ПДК), а в створе выше и ниже г. Красноуфимска соответственно – по азоту нитритов (1,5 и 1,4 ПДК), по соединениям меди (3,2 и 3,5 ПДК) и марганца (3 и 2,7 ПДК).

Качество воды участка р. Уфы на территории Свердловской области в течение последних 5 лет можно считать достаточно стабильным. Так в 2007 г. и в 2009 г. вода характеризовалась как «грязная», а в 2008 г. и 2010-2011 гг. отмечено улучшение ее качества до «очень загрязненной» при отсутствии критических показателей загрязнения воды в течение последних 5 лет.

Озеро Таватуй относится к бассейну р. Нейвы и расположено в Невьянском районе Свердловской области. Водоем вытянут в меридиональном направлении и его длина составляет около 10 км. при ширине 3-3,5 км. Площадь водного зеркала равна 21,2 кв. км. Озеро проточное, характеризуется умеренным водообменном, и в своей северной части протокой соединяется с Верх-Нейвинским водохранилищем. Возникло озеро порядка 10-15 тысяч лет назад в результате вертикальных тектонических подвижек. В водоем впадает около 30 рек и ручьев, но основным источником его питания являются атмосферные осадки. Вода озера холодная и насыщена кислородом. Ее прозрачность находится в пределах 4-5 м. Химический состав поверхностных вод озера формируется под влиянием как природных, так и антропогенных факторов. Характерными загрязняющими веществами, концентрации которых чаще всего превышали установленные нормативы, являются: органические вещества по ХПК, железо общее, медь, цинк, марганец, нефтепродукты.

Последние пять лет воды озера по своему качеству характеризовалось в основном как «очень загрязненная» при отсутствии критических показателей загрязнения.

Озеро Шарташ. Расположено на восточной окраине Екатеринбурга. Длина озера 4 км при ширине 2,5 км. Площадь зер-

кала составляет 7 кв. км при длине береговой линии 12,1 км. Средняя глубина водоема 3 м, а максимальная 4,7 м. с мощным слоем донных отложений (сапропель), загрязненных тяжелыми металлами в результате сброса вод Шарташского гранитного карьера. Водоем бессточный, его возраст составляет порядка 1 млн. лет. Озёрная котловина плоская, с пологими берегами и откосами и ровным дном. Питание осуществляется за счет донных ключей и поверхностного стока с площади водосбора оцениваемой в 41 кв. км. Последний в значительной мере участвует в формировании химического состава воды в чаше водоема. Организованный сброс сточных вод в озеро отсутствует. Поскольку частично покрытые лесом берега озера горожане используют в качестве зоны отдыха, а на другой их части расположена жилая зона (преимущественно частный сектор), эти обстоятельства способствуют ухудшению качества поверхностного стока, а, следовательно, и озёрной воды.

По данным наблюдений с 2007 по 2010 гг. вода озера характеризовалась как «очень загрязненная», а в 2011 г. как «грязная». Критические показатели загрязнения воды в этот период наблюдений отсутствовали.

Таким образом, несмотря на неплохую водообеспеченность Свердловской области, качество вод основных поверхностных источников водоснабжения в силу антропогенного и техногенного воздействий оставляет желать лучшего. Следует отметить также, что на территории области находятся верховья и средние течения рек, подверженных интенсивному загрязнению (р.р. Исеть, Пышма, Тура), что исходно определяет неблагоприятную ситуацию в таких соседних регионах как Курганская и Тюменская области.

Вопросы для самоконтроля

1. Охарактеризуйте качество вод в реках Свердловской области относящихся к бассейну р. Обь.
2. Каково качество вод в реках Свердловской области относящихся к бассейну р.Кама?
3. Охарактеризуйте особенности озер Таватуй и Шарташ и качество воды в них.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО КУРСУ
«ВОДНАЯ СРЕДА И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ
ЧЕЛОВЕКА» ДЛЯ СТУДЕНТОВ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ
ВУЗОВ ОЧНОЙ И ЗАОЧНОЙ ФОРМ ОБУЧЕНИЯ
ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ
«БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ»**

Учебное пособие «Водная среда и экологическая безопасность человека» предназначенное для студентов педагогических вузов обучающихся по специальности «Безопасность жизнедеятельности» дает современное представление о масштабах и специфике влияния антропогенного фактора на водную среду, экологических последствиях этого воздействия представляющих опасность для жизнедеятельности и направлениях деятельности законодательного, организационного и технического характера, связанных с охраной водных ресурсов.

Пособие рассчитано на студентов, не имеющих специализированной подготовки по естественным и техническим наукам (в том числе основам экологии), основам природоохранного законодательства и восполняет, по мере необходимости, недостающие знания в этих областях. Основные цели учебного пособия включают:

- получение студентами основ экологических знаний,
- получение знаний о специфике водных систем и их значении в обеспечении экологической безопасности человека,
- знакомство с основными направлениями охраны водного бассейна (в том числе правовыми),
- знакомство с водохозяйственной обстановкой в Свердловской области и качеством воды в основных источниках водоснабжения и рекреации,
- возможность использования материалов учебного пособия в различных школьных занятиях с целью закрепления материала и формирования устойчивого навыка бережного отношения к водным ресурсам.

Курс «Водная среда и экологическая безопасность человека» состоит из лекционных и практических занятий.

Лекционные занятия

Номер темы	Наименование лекции	Кол-во часов
1	<p>Организация природных систем. Экология. Экосистемы и их компоненты. Биосфера как система. Гидросфера и ее ресурсы. Потребление пресной воды современным человеком. Экологические факторы. Характер взаимоотношений организмов в экосистемах. Продуценты. Консументы. Биоредуценты. Продуктивность. Биогенный круговорот и биогеохимические циклы. Самоподдержание и саморегуляция. Аэробные и анаэробные условия в водной среде. Содержание кислорода как лимитирующий фактор. Поверхностные, глубинные, придонные воды. Роль бентоса в водных экосистемах. Углекислотное равновесие. Минерализация пресных вод. Состояние металлов в водной среде. Комплексообразование. Особенности воздействия поллютантов при их совместном присутствии. Процессы переноса. Кислые осадки. Перенос «литосфера-гидросфера». Специфика ртути (перенос «атмосфера-водная среда-рыбодукты»).</p>	4
2	<p>Экологический мониторинг. Понятие мониторинга, его цели и задачи. Виды мониторинга. Приоритеты мониторинга. Фоновый мониторинг. Биомониторинг. Виды биоиндикаторы. Критерии качества вод используемые при биоиндикации.</p>	2
3	<p>Экологические последствия загрязнения поверхностных вод. Хозяйственные стоки. Эвтрофикация водоемов. Нефть и нефтепродукты. Взвешенные вещества. Неорганические загрязнители. Тяжелые металлы (ртуть, кадмий, свинец).</p>	2

4	<p>Требования к качеству воды и его критерии. Гигиеническое нормирование. Показатели вредности. Виды водопользования. Понятие предельно допустимой концентрации. Физико-химические показатели качества воды. Требования к качеству воды в соответствии с показателями. Эффект суммации. Индекс загрязнения воды. Степень загрязнения вод и характер их использования.</p>	2
5	<p>Охрана водных объектов от загрязнения и истощения. Правовые аспекты. Закон «Об охране окружающей среды» и его основные положения. Презумпция экологической опасности. Платность природопользования. Приоритеты охраны. Формирование экологической культуры общества. Обязанности граждан. Закон об охране поверхностных вод. Водный кодекс РФ и Закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения». Санитарно-защитные зоны водоемов, их размеры и требования к использованию. Береговая полоса. Водоохранные зоны. Запрещенные виды деятельности в пределах водоохранных зон. Ответственность за нарушение водного законодательства. Виды нарушений подпадающие под административную ответственность. Виды экологических преступлений в сфере охраны водных ресурсов подпадающие под уголовную ответственность.</p> <p>Технологические аспекты. Очистка сточных вод. Очистка хозяйственных стоков. Очистка промышленных стоков. Сокращение водопотребления. Внедрение «безводных» технологий. Мероприятия «экологического» характера.</p>	4
6	<p>Водные ресурсы Свердловской области и их особенности. Гидрологическая характеристика территории. Речные системы области и источники их питания. Масштабы годового</p>	1

7	<p>стока. Степень зарегулированности стока рек и ее специфика. Распределение речных ресурсов по территории области. Причины возникновения дефицита водных ресурсов.</p> <p>Качество поверхностных пресных вод Свердловской области. Система государственной сети наблюдения. Приоритетные показатели используемые при оценке качества вод. Факторы влияющие на качество поверхностных вод. Естественные. Антропогенные. Качество поверхностных вод. Показатели качества воды основных речных систем. Факторы влияния. Существующие тенденции.</p>	1
---	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---

Активность студентов на лекциях определяется участием в решении проблем и вопросов, поставленных лектором во время занятий, качеством лекционных конспектов, уровнем готовности к лекциям.

Конспекты лекций просматриваются преподавателем в процессе контрольного опроса, по каждой части курса.

Содержание практических занятий по курсу «Водная среда и экологическая безопасность человека»

Занятие 1. Тема: Биомониторинг. (Интегративное занятие совместно с преподавателями химии и биологии),

До занятий учащиеся повторяют раздел курса, касающийся биомониторинга и методики определения качества воды с использованием дафний в качестве вида-индикатора.

С преподавателем биологии производится отлов дафний в количестве 60 – 70 шт. и отбирается проба воды в количестве 10 л.

Совместно с преподавателем химии на базе отобранной пробы воды готовят растворы с концентрацией меди начиная с 1 ПДК и далее кратно до 10 ПДК, разливают их в литровые пронумерованные стаканы и в каждый стеклянной трубочкой помещают по 10 дафний.

Засекают время начала эксперимента и в тетради ведут хронологию опыта. По итогам делают заключение о токсичности проб воды и составляют отчет о проделанной работе.

Занятие 2. Тема: Физико-химические показатели качества воды.

До занятия учащиеся повторяют раздел курса, относящийся к используемым показателям вредности и органолептическим показателям используемым при нормировании. Учащиеся составляют в соответствии с нормативами таблицы качества воды по таким показателям как «запах» и «вкус».

Предварительно отобранная проба водопроводной воды используется для определения качества по указанным показателям. Предварительно нагретая до 60 гр. Цельсия проба воды используется дополнительно для определения запаха.

Результаты определения качества воды по указанным органолептическим показателям записываются в отчет на основании чего делается заключение о качестве отобранной пробы воды.

Примечание: При определении вкуса воды испытуемую воду не следует пить, а после опробования полость рта следует ополоснуть заранее приготовленной кипяченой водой.

Занятие 3. Тема: Сокращение водопотребления в семье.

Предварительно учащиеся знакомятся с материалами по использованию современным человеком воды в быту. Одно из направлений сокращения объема использованной воды и, следовательно, количества образующихся сточных вод служит рационализация водопользования.

Учащимся предлагается зафиксировать характер водопользования (наличие или отсутствие приборов учета) и привести цифры семейного месячного водопотребления. После чего рассчитать подушное среднесуточное потребление. Сравнить полученную цифру с нормативом и сделать вывод.

Помимо этого каждый должен сделать заключение по снижению водопользования семьей без ущерба для комфортности и сделать это в письменном виде. Попытаться внедрить эти

предложения в практику семейного водопользования и сравнить цифру полученную в итоге с предыдущей. Сделать вывод.

Занятие 4. Тема: Сокращение водопотребления в школе.

Предварительно учащиеся знакомятся с материалами по использованию современным человеком воды в быту. Одно из направлений сокращения объема использованной воды и, следовательно, количества образующихся сточных вод служит рационализация водопользования.

Преподаватель предварительно знакомится с системой водоснабжения школы, наличием приборов учета, соответствии фактического водопотребления нормативному. После этого рассказывает об этом учащимся и предлагает им самим найти точки и способы сокращения водопотребления школой. Результаты обсуждения оформляются в виде протокола и передаются зам. Директора по АХЧ.

Занятие 5. Тема: Водные ресурсы Свердловской области и их качество.

Предварительно учащиеся знакомятся с лекционными материалами по водным ресурсам области и их качеству.

На физической карте Свердловской области учащиеся в порядке опроса преподавателем показывают основные речные системы, характеризуют их специфику, факторы антропогенного воздействия, результаты воздействия в показателях качества воды.

По окончании опроса преподаватель подводит итог.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Такой уникальный ресурс, как вода в значительной мере определяет экологическую безопасность и экономическое благополучие человека. Учитывая то, что ресурсы поверхностных пресных вод ограничены, при существующих тенденциях развития общества вода станет лимитирующим фактором его развития со всеми вытекающими отсюда последствиями. Но вода является не просто природным ресурсом, а абиотической средой водных экосистем, при воздействии на которые человек сталкивается не просто с потерей ресурса, а зачастую с неожиданными последствиями, представляющими угрозу для его здоровья, поскольку вторичные эффекты негативного характера, в силу системности окружающей нас среды, могут проявляться через другие природные среды.

Естественно, что охрана водных экосистем и охрана водных ресурсов неразрывно связаны между собой и для этого существуют различные механизмы, в том числе законодательные. И если рассматривать проблему более широко, а именно, в рамках Концепции устойчивого развития, то вопрос формирования общества высокой экологической культуры возможен только в процессе воспитания и образования личности владеющей как базовыми экологическими знаниями и воспринимающей их органически, так и реальными методами участия в деятельности по сохранению природной среды, в том числе и водной. В этом отношении школа призвана играть определяющую роль, причем такая дисциплина, как «безопасность жизнедеятельности» позволяет осуществлять это в практическом варианте. Последнее максимально эффективно при проведении интегративных и внеурочных занятий.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Анисимов А.В. Прикладная экология и экономика природопользования: учеб. пособ. / А.В.Анисимов. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2007. – 317.
2. Артемьева А.Ю., Гутова Л.О. Охрана водоемов от загрязнения сточными водами // Успехи современного естествознания. – 2010. – № 8 – С. 42-42
3. Бродский А.К. Экология: учеб. для бакалавров / А.К.Бродский. – М.: КНОРУС, 2012. – 272 с.
4. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 N 74-ФЗ
5. ГОСТ 2874-82. Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством. М.: Издательство стандартов. 1982.
6. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Свердловской области в 2012 году»; Екатеринбург, 2013. – 308 с.
7. Наше общее будущее: доклад Международной Комиссии по окружающей среде и развитию (МКОСР): пер. с англ. / под ред. С.А. Евтеева, Р.А. Перелета. – М.: Прогресс, 1989.
8. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.1.4.1074-01. – Минздрав России, 2002.
9. Стрельников В.В. Чернышева Н. В. Экологическое нормирование: учеб. – Краснодар: Издательский Дом – Юг, 2012. – 472 с.
10. Строительные нормы и правила. Внутренний водопровод и канализация зданий. Системы внутреннего холодного и горячего водоснабжения. Приложение 3. 2.04.01-85.
11. Трушина Т.П. Экологические основы природопользования / 6-е изд., доп. и перераб. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2010. – 408 с.

12. Экологическое право: учеб. для бакалавров / 3-е изд., перераб. и доп. / под ред. С. А. Боголюбова. – Москва: Юрайт, 2012. – 492 с.

13. Экологическое состояние территории России: учеб. пособие для студентов высш. пед. учеб. заведений / В. П. Бондарев, Л. Д. Долгушин, Б. С. Залогин и др. ; под ред. С. А. Ушакова, Я. Г. Каца. – М.: Академия, 2004. – 128 с.

14. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10 января 2002 г. N 7-ФЗ

Дополнительная

1. Архипова Н. П. Заповедные места Свердловской области. – Свердловск: Сред.-Урал. кн. Изд-во, 1984. – 160 с.

2. Биологический энциклопедический словарь / 2-е изд., исправл. / под ред. М. С. Гиляров. – М.: Сов. Энциклопедия, 1986.

3. Будников Г. К. Тяжелые металлы в экологическом мониторинге водных систем // Биология. Соросовский образовательный журнал, 1998. – С. 1-9.

4. География. Современная иллюстрированная энциклопедия / под ред. А. П. Горкина. – М.: Росмэн, 2006. – 462 с.

5. Глухов В. В., Лисочкина Т. В., Некрасова Т. П. Экономические основы экологии: учеб. – СПб: «Специальная литература», 1997. – 304 с.

6. Лось В. А. Экология: учеб. для вузов – М.: Издательство «Экзамен», 2006. – 478 с.

7. Мур Дж., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах. – М.: Мир, 1987. – 286 с.

8. Никаноров А. М., Жулидов А. В. Биомониторинг металлов в пресноводных экосистемах. – СПб.: Гидрометеиздат, 1991. – 312 с.

9. Передерий О. Г., Микшевич Н. В. Охрана окружающей среды на предприятиях цветной металлургии: учеб. пособ. – М.: Металлургия, 1991. – 192 с.

10. Петров К.М. Общая экология: взаимодействие общества и природы: учеб. пособие для вузов. – СПб: Химия, 1997. – 352 с.

11. Тимченко А. Д. Краткий медико-биологический словарь. – К.: Выща шк. головное изд-во, 1988. – 360 с.
12. Физико-географическая и геологическая характеристика Свердловской области. Отчет эколого-гидрогеологического предприятия «Экомониторинг», Екатеринбург. – 2004 г. – 67 с.
13. Франсуа Рамад. Основы прикладной экологии. Воздействие человека на биосферу / пер. с франц. Ленинград. – Гидрометеиздат, 1981. – 543 с.
14. Экологические проблемы охраны водных ресурсов в цветной металлургии: учеб. пособ. / Беличенко Ю. П., Березюк В. Г., Микшевич Н. В. – Свердловск.: МЦМ СССР Всесоюз. ин-т повышения квалиф. специалистов, 1987. – 56 с.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ НАРУШЕНИЯ И ПРЕСТУПЛЕНИЯ

По любым вопросам, связанным с нарушением прав граждан на благоприятную окружающую среду, следует обращаться в администрацию муниципального образования или района, где выявлено экологическое нарушение или преступление или в администрацию субъекта Российской Федерации.

По нарушениям или проблемам, касающихся природных территорий (рубок леса, свалок, природных пожаров, загрязнения водоемов, ограничения доступа граждан в леса и т. д.), необходимо обращаться в Министерство природных ресурсов и экологии Правительства Свердловской области.

По поводу действий, которые как Вы считаете, являются экологическими правонарушениями или вызывают сомнение с точки зрения их законности нужно обращаться в межрайонную Природоохранную Прокуратуру Свердловской области или ее подразделения. В Прокуратуру Свердловской области нужно обращаться и тогда, когда другие ведомства не предприняли действенных мер по решению проблем указанных в ваших обращениях.

В тех случаях, когда соответствующими инстанциями на уровне субъекта Российской Федерации по вашим обращениям не принято действенных мер или не устранены указанные вами проблемы и правонарушения, необходимо направить обращение в Прокуратуру Российской Федерации и к Президенту Российской Федерации.

Положительным, с точки зрения достижения результата, может оказаться и одновременное обращение за помощью к избранным вами депутатам любого уровня.

Адреса Министерства природных ресурсов РФ, Генеральной прокуратуры РФ и Президента РФ есть в Интернете.

Ниже приведены реквизиты соответствующих инстанций.

Министерство природных ресурсов и экологии правительства Свердловской области.

Министерство является уполномоченным исполнительным органом государственной власти Свердловской области в сфере охраны окружающей среды, управления природными ресурсами, охраны и использования обособленных водных объектов, находящихся в собственности Свердловской области, охраны и использования объектов животного мира, а также водных биологических ресурсов, охраны, защиты и воспроизводства лесов, ранее находившихся во владении сельскохозяйственных организаций, а также в области тушения лесных пожаров в лесном фонде, осуществляемых за счет субвенций из федерального бюджета на территории Свердловской области.

620095, Екатеринбург, ул. Малышева 101 оф. 415, т.(343) 371-99-50, 371-42-37.

Уральское Управление Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Технадзор), 620014, Свердловская обл., г. Екатеринбург, ул. Большакова, д. 97; тел./факс: (343) 251-46-79. Прием документов осуществляется по адресу: г. Екатеринбург, пер. Северный, 7 (Единое окно); перерыв – с 11.30 до 12.30. тел/факс: (343)377-69-67 e-mail: info@ural.gosnadzor.ru.

СОГУ «Центр экологического мониторинга и контроля по Свердловской области»

620095, Екатеринбург, ул. Малышева 101, оф. 129, т. 371-34-37.

Свердловская межрайонная природоохранная прокуратура

620041, г. Екатеринбург, пер. Асбестовский, 7, тел: 341-42-69.

Прокуратура Свердловской области

620014 Екатеринбург, Московская 21

Отдел по рассмотрению писем и приему граждан, т. 377-60-87, 376-82-61 (факс).

Экологическая милиция Свердловской области,
620014, Екатеринбург, пр. Ленина 15а, т. 358-76-53.

**Управление Федеральной службы по надзору в сфере
защиты прав потребителей и благополучия человека по
Свердловской области (Потребнадзор)**

620078, г. Екатеринбург, пер. Отдельный 3, т.(343) 374-13-79, E-mail: mail@66.rosпотребнадзор.ru.

**Отдел Государственного контроля, надзора, охраны
водных биологических ресурсов и среды их обитания по
Свердловской области,**

(надзор и контроль в области рыбоохраны) 620142, Екатеринбург, ул. Фурманова 105, т. 257-91-34 E-mail: fish@uralmail.com.

**Отдел водных ресурсов по Свердловской области
Ниже-Обского Бассейнового водного управления Феде-
рального Агентства водных ресурсов**

620014, Свердловская область, Екатеринбург, ул. Вайнера, 55, оф. 219, т. (343) 257-21-73, 257-65-75, 257-74-63.

**Местные органы самоуправления или отделения со-
ответствующих органов контроля.**

Образцы правильного оформления обращения часто имеются на официальных сайтах соответствующих ведомств. Там же указаны порядок и сроки рассмотрения обращений граждан.

В любом случае, помимо описания ситуации в обращении должно быть указано должностное лицо, на чье имя написано обращение, дата обращения, фамилия, имя, отчество и полный адрес заявителя, и четко сформулировано ваше пожелание или просьба. Закончить обращение следует так: о принятых мерах прошу сообщить по адресу: _____ область, г. _____, улица _____, д. ___, кв. ___, Фамилия, инициалы с расшифровкой и дата. В случае обращения на Федеральном уровне можно приложить 2 фото.

Письменные обращения необходимо составлять в 2-х экземплярах, один из которых при передаче его в соответствующие органы Вами лично, должен быть зарегистрирован секретарем или в канцелярии, а на втором экземпляре, который остается у Вас, поставлен регистрационный номер, штамп или печать организации, подпись и должность регистрирующего. Вам должны также сообщить сроки рассмотрения обращения.

В случае отправки обращения по почте, помимо самого обращения в конверт следует вложить экземпляр описи вложения с отметкой оператора (второй экземпляр описи с отметкой оператора и квитанцией об оплате следует оставить у себя).

Отправлять обращение следует заказным письмом с уведомлением о вручении.

В случае обращения по телефону официальное лицо, принимающее ваше обращение, обязано его зарегистрировать, сообщить регистрационный номер, записать ваши координаты, сообщить свою должность и фамилию и после проверки информации сообщить вам о результате.

К наиболее часто встречающимся нарушениям, по поводу которых следует обращаться в вышеуказанные инстанции, относятся:

- порча зеленых насаждений,
- незаконная вырубка деревьев,
- загрязнение атмосферного воздуха,
- угрозы экологической безопасности,
- мойка автотранспорта во дворах, водоохраных зонах водоемов и других неустановленных местах,
- выпас скота в водоохраных зонах водоемов,
- загрязнение водоемов,
- незаконный вылов рыбы,
- захламление прибрежной территории,
- незаконное ведение строительных работ (в том числе и в водоохраных зонах),
- сброс загрязняющих веществ, разлив нефтепродуктов.

В эти же ведомства следует обращаться по вопросам:

- благоустройства и озеленения территорий и дворов,
- вырубки аварийных деревьев,
- проблем с животными,
- незаконной торговли плодоовощной продукцией и др.

ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ ВКЛЮЧЕНИЯ В ПЛАНЫ УРОКОВ И ВНЕУРОЧНЫХ ЗАНЯТИЙ

1. Охарактеризуйте находящиеся в Вашем районе водоемы, используемые населением для отдыха с точки зрения качества воды и состояния прибрежной зоны.

2. Каковы основные источники загрязнения водоемов и поставляемые ими загрязнители.

3. Рассмотрите экологические эффекты, проявляющиеся в результате загрязнения водоема, в том числе нефтепродуктами (составьте таблицу эффектов).

4. Ознакомьтесь с источниками питьевого водоснабжения и контролем качества воды в них. Оцените качество используемой питьевой воды и ее соответствие требованиям ГОСТа.

5. Оцените возможность загрязнения источников питьевого водоснабжения и мероприятия по его предотвращению.

6. Попробуйте оценить степень водообеспеченности вашего района и рациональность использования воды.

7. Каков характер использования воды в домашних условиях при централизованном водоснабжении и возможно ли его рационализировать? Составьте перечень конкретных действий. Оцените, каков будет экологический эффект этого мероприятия.

8. Рассмотрите эффективность использования воды в условиях школы (познакомьтесь с системой водоснабжения и водоотведения школы, нормативами использования воды для образовательных учреждений, фактическим объемом расходуемой воды, возможностями его сокращения (конкретные мероприятия) и эффективностью планируемой и фактической по итогу).

СЛОВАРЬ ОСНОВНЫХ ТЕРМИНОВ

Абиотический фактор – условия абиотической среды (атмосферный воздух, водная среда, почва, режимы температуры, освещения и др.), влияющие на живой организм, в том числе и человека.

Автотрофы – организмы, синтезирующие из неорганических веществ (вода, двуокись углерода, окислы азота), используя солнечную энергию, органические соединения, необходимые для жизнедеятельности.

Адаптация – приспособление живых организмов (в том числе и человека) к изменениям природной и социокультурной среды обитания.

Акватория – водное пространство в пределах естественных, искусственных или условных границ. Как правило, включает водную толщу до дна водоема, подстилающие слои литосферы и воздушное пространство, исключая космические высоты.

Аккумуляция – накопление, собирание.

Анаэроб – организм, способный жить в бескислородной среде.

Антропогенный объект – объект, созданный человеком для обеспечения его социальных потребностей и не обладающий свойствами природных объектов.

Антропогенный фактор – совокупность внешних условий, определяющих масштабы и характер воздействия человека на природную среду.

Атмосферный воздух – природная смесь газов (азота, кислорода, двуокиси углерода и др.) приземного слоя атмосферы, сложившаяся в ходе эволюции.

Аэроб – организм, способный жить лишь в среде, содержащей кислород.

Бентос – совокупность растительных и животных организмов, обитающих на дне водоема.

Биоиндикатор – группа особей (или сообществ) растений и животных, по наличию, состоянию и поведению которых, судят об изменениях в окружающей среде.

Биологическое разнообразие – число видов в данном сообществе или в данной экосистеме.

Биомасса – общая масса особей одного вида или совокупности особей, приходящаяся на единицу поверхности или объема обитания.

Биота – совокупность живых организмов (флора и фауна) крупной экосистемы.

Биотоп – относительно однородное по абиотическим факторам среды пространство (в том числе водное), занятое различными организмами. Иначе – место обитания.

Биоценоз – взаимосвязанная совокупность популяций живых организмов, занимающих относительно однородное жизненное пространство суши или водоема.

Вид – группа скрещивающихся между собой популяций, которые репродуктивно изолированы от других живых организмов.

Водный объект – природный или искусственный водоем, водоток либо иной объект, постоянное или временное сосредоточение вод в котором имеет характерные формы и признаки водного режима.

Водный режим – изменение во времени уровней, расхода и объема воды в водном объекте.

Водные ресурсы – поверхностные и подземные воды, которые находятся в водных объектах и используются или могут быть использованы.

Водоем – постоянное или временное скопление бессточных вод или вод с замедленным стоком в естественных или искусственных впадинах (озёра, водохранилища, пруды и т. д.). Иногда употребляется для обозначения отдельных участков рек.

Водоохранная зона – территория, примыкающая к акватории водного объекта, на которой устанавливается специальный режим использования и охраны природных ресурсов и осуществления иной хозяйственной деятельности. В пределах этих зон устанавливаются прибрежные защитные полосы.

Водохозяйственный баланс – расчетные материалы, сопоставляющие потребность в воде с имеющимися на данной территории водными ресурсами и предназначенные для оценки наличия и степени их использования по бассейнам водных объектов, соответствующим территориям субъектов РФ и исполь-

зующиеся для планирования и принятия решений по вопросам эксплуатации и охраны водных объектов.

Гетеротрофы – живые организмы, использующие в качестве источника питания органические вещества, произведенные другими организмами.

Гидросфера – совокупность всех водных объектов Земли.

Гидробионты – организмы, обитающие в водной среде.

Гомеостаз – состояние внутреннего динамического равновесия любой экосистемы, поддерживаемое систематическим возобновлением основных ее структур, вещественно-энергетического состава и постоянной саморегуляции ее компонентов.

Государственный мониторинг окружающей среды (государственный экологический мониторинг) – мониторинг окружающей среды, осуществляемый органами государственной власти Российской Федерации и органами государственной власти субъектов Российской Федерации в соответствии с их компетенцией.

Гуминовые вещества – основной органический компонент почвы и природных вод, представляющий собой сложную смесь не существующих в живых организмах природных соединений, которые образуются на промежуточных стадиях процесса минерализации органического вещества отмирающих организмов.

Детрит – мелкие частицы остатков организмов и их выделений.

Емкость среды – число особей, потребности которых могут быть удовлетворены естественными ресурсами данного местообитания.

Загрязнение окружающей среды – поступление в окружающую среду вещества и (или) энергии, свойства, местоположение или количество которых оказывают негативное воздействие на окружающую среду.

Загрязняющее вещество – вещество или смесь веществ, количество и (или) концентрация которых превышают установленные для химических веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов нормативы и оказывают негативное воздействие на окружающую среду.

Засорение – накопление в водных объектах и на суше трудно разложимых природными агентами (бактерии, физико-химические факторы и т.п.) предметов и материалов.

Зона санитарной охраны источника водоснабжения определяется Санитарными правилами и включает в себя три пояса. Первый пояс включает территорию, где находится сам источник водоснабжения, на ней запрещено проживание и нахождение лиц, не связанных непосредственно с работой на водопроводных сооружениях. Второй пояс охватывает территорию, непосредственно окружающую источники водоснабжения и их притоки, и на ней запрещается деятельность, которая может вызвать ухудшение качественных и количественных показателей источников водоснабжения. Третий пояс охватывает смежную со вторым поясом территорию, неблагоприятное состояние которой может вызвать распространение инфекционных заболеваний через водопровод.

Зона чрезвычайной экологической ситуации – участки территории, где в результате производственно-хозяйственной и социокультурной деятельности происходят устойчивые отрицательные изменения в окружающей природной среде, угрожающие здоровью населения, состоянию естественных экосистем, генетических фондов растений и животных.

Зона экологического бедствия – участки территории, где в результате производственно-хозяйственной и социокультурной деятельности произошли необратимые изменения окружающей природной среды, повлекшие за собой существенное ухудшение здоровья населения, нарушение природного равновесия, разрушение естественных экосистем, деградацию флоры и фауны.

Зона экологического риска – территория, в пределах которой определен вид производственно-хозяйственной и социокультурной деятельности способен вызвать возникновение опасных экологических ситуаций.

Зоопланктон – совокупность животных, населяющих толщу воды, пассивно переносимых течениями.

Зооценоз – совокупность животных, совместно обитающих при определенных условиях и являющихся составной частью биоценоза.

Истощение вод – уменьшение максимально допустимого стока поверхностных вод или сокращение запасов подземных вод. Минимально допустимым стоком является сток, при котором обеспечивается экологическое благополучие водного объекта и условия водопользования.

Канцерогены (от лат. cancer – рак и греч. genes – рожающий, рожденный) – химические соединения, способные при воздействии на организм вызывать рак и другие злокачественные опухоли, а также доброкачественные новообразования.

Консументы – живые существа, питающиеся органическим веществом.

Контроль в области охраны окружающей среды (экологический контроль) – система мер, направленная на предотвращение, выявление и пресечение нарушения законодательства в области охраны окружающей среды, обеспечение соблюдения субъектами хозяйственной и иной деятельности требований, в том числе нормативов и нормативных документов, в области охраны окружающей среды.

Козволюция – совместное развитие человека и биосферы, обеспечивающее их гармонизацию.

Литосфера – твердая часть оболочки Земли.

Металлы тяжелые цветные – металлы с плотностью большей, чем плотность железа (ртуть, свинец, цинк, кадмий и др.). Антропогенное рассеивание последних в окружающей среде приводит к отравлению или угрозе отравления живого.

Микроэлемент – химические элементы, имеющиеся в организмах в малых концентрациях (1: 100 000 и ниже) и часто служащие активаторами биохимических процессов.

Мониторинг импактный – мониторинг региональных и локальных антропогенных воздействий на окружающую среду в особо опасных зонах и местах, часто в непосредственной близости от источника загрязнения.

Мониторинг окружающей среды (экологический мониторинг) – комплексная система наблюдений за состоянием окружающей среды, оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов.

Нормативы качества окружающей среды – нормативы, которые установлены в соответствии с физическими, химическими, биологическими и иными показателями для оценки состояния окружающей среды и при соблюдении которых обеспечивается благоприятная окружающая среда.

Нормативы допустимого воздействия на окружающую среду – нормативы, которые установлены в соответствии с показателями воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду и при которых соблюдаются нормативы качества окружающей среды.

Нормативы допустимой антропогенной нагрузки на окружающую среду – нормативы, которые установлены в соответствии с величиной допустимого совокупного воздействия всех источников на окружающую среду и (или) отдельные компоненты природной среды в пределах конкретных территорий и (или) акваторий и при соблюдении которых обеспечивается устойчивое функционирование естественных экологических систем и сохраняется биологическое разнообразие.

Нормативы допустимых выбросов и сбросов химических веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов (нормативы допустимых выбросов и сбросов веществ и микроорганизмов) – нормативы, которые установлены для субъектов хозяйственной и иной деятельности в соответствии с показателями массы химических веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов, допустимых для поступления в окружающую среду от стационарных, передвижных и иных источников в установленном режиме и с учетом технологических нормативов, и при соблюдении которых обеспечиваются нормативы качества окружающей среды.

Нормативы предельно допустимых концентраций химических веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов (нормативы предельно допустимых концентраций) – нормативы, которые установлены в соответствии с показателями предельно допустимого содержания химических веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов в окружающей среде и несоблюдение кото-

рых может привести к загрязнению окружающей среды, деградации естественных экологических систем.

Озеро – естественная впадина суши, заполненная пресными или солеными водами.

Окружающая среда – совокупность компонентов природной среды, природных и природно-антропогенных объектов, а также антропогенных объектов.

Организм – любая форма жизни, обладающая способностью к самостоятельному существованию в естественной экосистеме.

Отходы – продукты основного производственно-хозяйственного цикла, не используемые на данном уровне научно-технического и социально-экономического развития.

Охрана водных объектов – система мероприятий, направленных на сохранение и восстановление водных объектов.

Охрана окружающей среды (природоохранная деятельность) – деятельность органов государственной власти Российской Федерации, органов государственной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления, общественных и иных некоммерческих объединений, юридических и физических лиц, направленная на сохранение и восстановление природной среды, рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов, предотвращение негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду и ликвидацию ее последствий.

Пестициды – химические вещества, предназначенные для борьбы с вредителями в сельском хозяйстве.

Пищевые (трофические) цепи – ряд живых организмов, в котором каждое предыдущее звено служит пищей для последующего.

Планктон – организмы, обитающие в водной толще, не способные к активному плаванию.

Поверхностные воды – воды, находящиеся на поверхности суши в виде водотоков и водоемов.

Популяция – группа особей одного вида, длительно обитающих на определенной территории и воспроизводящая себя в течение большого числа поколений.

Поллютант – вещество, преимущественно технико-антропогенного происхождения, загрязняющее естественную экосистему.

Продуценты – живые объекты, производящие органические вещества из неорганических.

Природная среда – совокупность компонентов природной среды, природных и природно-антропогенных объектов;

Редуценты – организмы, разлагающие мертвое органическое вещество до минерального.

Рекреационное использование – использование совокупности природных вещей, явлений и процессов для отдыха и оздоровления человека.

Речной бассейн – территория, поверхностный сток вод с которой через связанные водоемы и водотоки осуществляется в море или озеро.

Риск экологический – степень вероятности возникновения деградиционных изменений экосистем в процессе производственно-хозяйственной и социокультурной деятельности.

Самоочищение (водоема) – ликвидация загрязнений под влиянием природных абиотических факторов среды и в ходе жизнедеятельности естественно обитающих организмов.

Синергизм – комбинированное действие на организм веществ эффективность которых превышает эффект действия каждого из них в отдельности.

Сообщества – все популяции живых организмов, занимающие определенную территорию и взаимодействующие между собой.

Сточные воды – воды, сброс которых в водные объекты осуществляется после их использования или сток которых осуществляется с загрязненной территории.

Тератоген (от греч. «тератос» – «чудовище», «монстр») – фактор, влекущий за собой аномалии в развитии плода.

Токсичность – способность веществ вызывать нарушения физиологических реакций организма, в результате чего возникают симптомы интоксикации (заболевания), а при тяжелых поражениях – его гибель.

Токсикант (от греч. toxikon – яд) – ядовитое, вредное для здоровья вещество.

Устойчивое развитие – тип экономического развития, обеспечивающий удовлетворение материальных и духовных потребностей настоящих и будущих поколений человечества без нарушения исторически сложившихся экосистем.

Устойчивость экосистем – способность экосистем противостоять внешнему воздействию и возвращаться в исходное состояние.

Фитопланктон – совокупность растительных организмов, населяющих толщу воды морских и пресных водоёмов и пассивно переносимых течением (преимущественно водоросли и бактерии).

Фотосинтез – образование в клетках организмов из углекислоты и воды под воздействием света, поглощаемого хлорофиллом, углеводов. Процесс сопровождается выделением кислорода.

Хиронимиды – семейство насекомых отряда двукрылых (комары-дергунцы).

Эвтрофикация – повышение биопродуктивности водоёмов в результате накопления в воде биогенных веществ под воздействием, главным образом, антропогенных факторов.

Экологическая безопасность – состояние защищенности природной среды и жизненно важных интересов человека от возможного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, их последствий.

Экологическая система – основная функциональная единица в экологии, включающая совместно функционирующие организмы и среду их обитания.

Экологические факторы – условия среды, движущая сила жизнедеятельности организмов, на которые живое реагирует приспособительными реакциями.

Экология – наука, изучающая закономерности взаимоотношений живых объектов между собой и с окружающей их средой обитания.

Экотоксикант – ядовитое химическое вещество, загрязняющее окружающую среду, способное долгое время сохраняться, мигрировать, накапливаться в абиотических средах и компонентах биоты и оказывать токсическое действие на находящиеся в них организмы и человека.

Учебное издание

Микшевич Николай Владиславович
Ковальчук Людмила Ахметовна

ВОДНАЯ СРЕДА И БЕЗОПАСНОСТЬ ЧЕЛОВЕКА

Учебное пособие
Часть 1

Редактор М. А. Ли-Буланкова

Подписано в печать 21.05.2014. Формат 60х90/16.
Бумага для множ. ап. Гарнитура Times New Roman.
Печать на ризографе. Усл. печ. л. 5,3
Тираж 100 экз. Заказ 4381.

Оригинал-макет отпечатан в отделе множительной техники
Уральского государственного педагогического университета
620017, г. Екатеринбург, просп. Космонавтов, 26.

E-mail: uralfbg@mail.ru
<http://fbg.uspu.ru/>

**Факультет
БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ
Уральского государственного
педагогического университета**

**Бакалавриат
направление 44.03.01 Педагогическое образование
ПРОФИЛЬ: »Безопасность жизнедеятельности«**

**направление 44.03.05 Педагогическое образование
ПРОФИЛЬ: »Безопасность жизнедеятельности и
экология«**

**Магистратура
Направление 44.04.01 Педагогическое образование
Магистерская программа:
«Социальная безопасность»**

Специальные дисциплины обучения магистратуры:

1. Безопасность социальных систем
2. Современный комплекс проблем безопасности
3. Культура безопасности жизнедеятельности
4. Информационно-психологическая безопасность
5. Социально-демографическая безопасность
6. Основы виктимологии

**620017 г.Екатеринбург,
Уральский государственный педагогический университет,
пр.Космонавтов, 26, к. 269, 271
тел. (343) 235-76-44, тел. (343) 235-76-20
деканат тел. (343) 235-76-76, к.151а
факс (343) 235-76-20
<http://fbg.uspu.ru>**